

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LOS USOS ACTUALES EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO JUCUAPA, MATAGALPA, NICARAGUA**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado como requisito para optar al
grado de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográfica

Por
Arlen Teresa Córdoba Núñez

Turrialba, Costa Rica

2002

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Sueca de Cooperación Internacional (ASDI), por la oportunidad de los estudios en CATIE.

A los miembros del Comité de Tesis Dr. Bommat Ramakrishna, Dr. Hernán Solís, MSc. Alexis Rodríguez y MSc. Diego Gómez, por la disposición, apoyo constante, invaluable ayuda y todos los conocimientos adquiridos en este tiempo, les estaré eternamente agradecida.

Al Personal del proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el manejo de Cuencas (FOCUENCAS), Nicaragua, por la colaboración en la fase de campo del estudio.

Al personal de Relaciones con la comunidad de la Alcaldía Municipal de Matagalpa, especialmente al, Ing. Boanerges Ruíz.

A Lic. Yamilette Alegría, Directora del Policlínico, Ministerio de Salud Matagalpa y MSc. Javier Herrera, Responsable de Epidemiología, Lic. Ramón Lira y Cristián Castellón de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL-GAR), por el apoyo en los muestreos de agua, sin su colaboración esto no hubiese sido posible.

A Lic. Estela Alemán por su orientación en el trabajo de campo y al personal de la OTN-CATIE, Nicaragua por el apoyo constante en todo momento.

A MSc. Enoc Castillo, por su colaboración en el análisis de la información.

Al personal de la Escuela de Postgrado por estar siempre apoyándonos en cada momento de estos dos años.

La vida esta llena de mil momentos y experiencias inolvidables que se forman con seres especiales, con todo mi cariño, gracias a esas personas incondicionales en todo momento: Katiuska, Fabiola, Edith, Orfa, Jorge, Olivier, Bayron y muchas personas más que aunque no las menciono, les aseguro que van en mi corazón, gracias a la vida por la oportunidad de conocerlos.

DEDICATORIA

A ese ser único superior, que nunca me abandona, que me da fuerzas para seguir adelante, que estuvo conmigo en los momentos más difíciles de este camino: Dios

A mi Familia, por ser todo en mi vida, por ser mi aliciente, por su empeño, cariño y dedicación siempre, este logro para los que partieron de nuestro lado, se que estarían satisfechos y orgullosos. A ustedes por ser lo mejor de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Manejo de la calidad del agua dentro del contexto de Cuenca.....	4
2.2 Calidad de Agua.....	5
2.2.1 Determinación de la calidad del agua.....	6
2.2.2 Indicadores de la calidad del agua.....	7
2.2.3 Metodología para definición de indicadores.....	7
2.2.4 Indicadores Físico-químicos.....	8
2.2.5 Muestras y análisis de agua.....	11
2.2.6 Actividades que influyen en la calidad del agua.....	12
2.2.7 Contaminación.....	13
2.2.8 Tipos de contaminación.....	14
2.2.9 Riesgos de contaminación agraria.....	15
2.2.10 Contaminación por Beneficiado de café.....	16
2.2.11 El café y la Legislación Ambiental.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Localización del área de estudio.....	20
3.1.2 Geomorfología.....	20
3.1.3 Fisiografía.....	20
3.1.4 Geología y Suelo.....	21
3.1.5 Clima.....	21
3.1.6 Hidrografía.....	22
3.1.7 Aspectos Socioeconómicos.....	23
3.1.8 Aspectos Socioambientales.....	25
3.2 Recolección de Datos.....	26
3.2.1 Aspectos Metodológicos.....	26
IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Caracterización de los manantiales.....	33
4.1.2 Presencia institucional.....	38
4.1.3 Protección de los manantiales y riesgos de contaminación.....	38
4.2 Factores, niveles y agentes de contaminación en los cuerpos de agua de la Subcuenca.....	42
4.2.1 Resultados Físico-Químicos del agua del Río Jucuapa.....	42
4.2.2 Calidad hidroquímica del agua de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	80
4.2.3 Caracterización Productiva de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	84
4.3 Análisis de percepción de la comunidad sobre la calidad del agua.....	90

4.3.1	Percepción de los Centros Poblados de la Subcuenca.....	91
4.3.2	Percepción de los Productores de la Subcuenca.....	98
4.3.3	Taller de percepción comunal sobre la calidad de agua.....	104
4.3.4	Comités de Agua.....	108
4.3.5	Instituciones y ONG´s que trabajan en la zona.....	109
4.4.	Propuesta y alternativas para la toma de decisiones para mejorar la calidad del agua.....	113
4.4.1	Componente de Educación Ambiental.....	115
4.4.2	Componente de Reducción de la contaminación del agua.....	116
4.4.3	Propuesta metodológica para monitorear la calidad del agua.....	118
V .	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
5.1.	Conclusiones.....	121
5.2.	Recomendaciones.....	125
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
VII.	ANEXOS.....	133
Anexo 1.	Ubicación de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	134
Anexo 2.	Comunidades de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	135
Anexo 3.	Mapa de Pendientes de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	136
Anexo 4.	Mapa de uso actual del suelo en la Subcuenca del Río Jucuapa....	137
Anexo 5.	Usos más comunes de los manantiales de la Subcuenca.....	138
Anexo 6.	Significado de los riesgos de contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo.....	139
Anexo 7.	Diagrama de Piper.....	140
Anexo 8.	Composición Hidroquímica del las aguas de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	141
Anexo 9.	Mapa hidroquímico de la Subcuenca del Río Jucuapa.....	142
Anexo 10.	Índices hidrogeoquímicos de las aguas de la Subcuenca del Río Jucuapa e condiciones naturales.....	143

RESUMEN

Córdoba A. 2002. Calidad del Agua y su relación con los usos actuales en la Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua.

Palabras claves: Subcuenca, calidad del agua, contaminación, Afluentes y Río Jucuapa, percepción.

Se realizó un estudio sobre el impacto de los usos actuales sobre la calidad del agua en la Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua en los meses de Febrero a Abril del 2002. Para tal fin, se seleccionaron tres fuentes de contaminación puntual, ubicados en los afluentes del Río Jucuapa en la parte alta de la Subcuenca: Haciendas cafetaleras con asentamientos humanos La Pintada, Santa Josefina y Los Angeles. Se hizo un muestreo mensual durante los meses de Febrero, Marzo y Abril, antes de la descarga de contaminación y después de la descarga de contaminación. A fin de monitorear el comportamiento de los contaminantes también se eligieron cuatro puntos aguas abajo, en todos estos puntos de muestreo, se midieron las siguientes variables físico-químicas: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Sedimentables, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Amoniacal, de igual forma se realizó un análisis de coliformes fecales en las fuentes de abastecimiento de agua potable. Complementario a esto se estudió la percepción de la población local e Instituciones Gubernamentales, ONG's, sobre la calidad del agua. Los resultados de los indicadores físico-químicos, demuestran una reducción de la calidad del agua en el mes de febrero en la Hacienda Los Angeles, con una disminución de pH 5.41, un aumento de DBO 84.88 mg/L, DQO 213.82 mg/L, confirmando de este modo contaminación orgánica, producto de los desechos provenientes de la actividad cafetalera para este punto. El resto de puntos no mostraron disminución en la calidad del agua. En cuanto a la percepción de la población sobre la calidad del agua, es importante destacar que hay un conocimiento general sobre el estado actual del Río Jucuapa. Sin embargo, hay poca conciencia ambiental y falta de conocimiento sobre el impacto y consecuencia de las actividades que se realizan en la Subcuenca. De igual forma no hay coordinación interinstitucional que impide el manejo adecuado del recurso agua en la zona.

Córdoba A. 2002. Water Quality and its Relationship with Current Uses in the Sub-Watershed of Jucuapa River, Matagalpa, Nicaragua.

Key Words: sub-watershed, water quality, pollution, river feeder and Jucuapa River, perception.

Summary

During February and April 2002, a study of the impacts of current uses over the water quality in the sub-watershed of Jucuapa River, Matagalpa, Nicaragua was done. Three pollution-sources points located upstream of the Jucuapa River feeder were selected. The points are La Pintada, Santa Josefina, and Los Angeles, which are coffee haciendas with human settlements. During February, March, and April, before and after the pollution discharge, a monthly monitoring was undertaken. In order to monitor pollution behavior, four downstream points were also selected. In these four monitoring points, the following physical-chemical variables were measured: Temperature, pH, electric conductivity, sedimentable solids, biological demand of oxygen, biochemical demand of oxygen, and ammoniacal nitrogen. In addition, a fecal coliform analysis of the potable-water sources was done. At the same time, the perception of the local population and governmental organizations (GO's) over the water quality was studied. The physical-chemical indicators results show a reduction of the water quality in hacienda Los Angeles in February, with a decrease of pH to 5.41, an increase of DBO 84.88 mg/L, and DQO 213.82 mg/L. These results confirm the presence of organic pollution, which is generated by the coffee activities. The remaining points did not show a decrease in the water quality. Regarding the population perception over their water quality, it can be stressed that people have a general knowledge of the current situation of Jucuapa River. However, people have little environmental consciousness and are lack of knowledge about the impact and consequences that current activities may cause in the sub-watershed. In addition, there is a slight inter-institutional coordination that impedes a correct management of water resources in the zone.

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.1. Indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua.....	9
Cuadro No. 2. Indicadores bacteriológicos de la calidad del agua.....	11
Cuadro No. 3. Rangos y límites máximos permisibles de contaminantes en las Aguas residuales.....	19
Cuadro No. 4. Variables instrumentos y materiales usados en el muestreo fisicoquímico.....	30
Cuadro No. 5. Resultados de <i>E. coli</i> en las fuentes de abastecimiento de agua potable.....	37
Cuadro No. 6. Variables consideradas como de alto potencial contaminante.....	39
Cuadro No. 7. Rangos de contaminación.....	39
Cuadro No. 8. Calificación y codificación de variables.....	40
Cuadro No. 9. Parámetros y valores de las concentraciones máximas permitidas para el uso de agua potable.....	83
Cuadro No. 10. Resultados del taller de percepción: usos mas importantes del agua.....	106
Cuadro No. 11. Resultados del taller de percepción: alternativas para mejorar los usos del agua.....	107

LISTA DE MAPAS

Mapa No. 1. Red Hídrica subcuenca del Río Jucuapa.....	23
Mapa No. 2. Muestreo en afluentes del Río Jucuapa.....	29
Mapa No. 3. Manantiales localizados en la subcuenca del Río Jucuapa.....	33
Mapa No. 4. Puntos de muestreo en fuentes de abastecimiento de agua potable subcuenca del Río Jucuapa.....	36
Mapa No.5. Riesgo de contaminación de los manantiales en la subcuenca del Río Jucuapa.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento del pH Hacienda Los Angeles.....	43
Figura 2. Comportamiento conductividad eléctrica Hacienda Los Angeles.....	44
Figura 3. Comportamiento sólidos sedimentables Hacienda Los Angeles.....	46
Figura 4. Comportamiento del oxígeno Hacienda Los Angeles.....	47
Figura 5. Comportamiento de la demanda bioquímica de Oxígeno Hacienda Los Angeles.....	48
Figura 6. Comportamiento de la demanda química de Oxígeno Hacienda Los Angeles.....	49
Figura 7. Relación DBO-DQO Hacienda Los Angeles.....	50
Figura 8. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal Hacienda Los Angeles.....	51
Figura 9. Comportamiento del pH Hacienda Santa Josefina.....	53
Figura 10. Comportamiento conductividad eléctrica Hacienda Santa Josefina....	53
Figura 11. Comportamiento sólidos sedimentables Hacienda Santa Josefina.....	54
Figura 12. Comportamiento del oxígeno Hacienda Santa Josefina.....	55
Figura 13. Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno Hacienda Santa Josefina	56
Figura 14. Comportamiento de la demanda química de oxígeno Hacienda Santa Josefina	57
Figura 15. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal Hacienda Santa Josefina.....	58
Figura 16. Comportamiento del pH Hacienda La Pintada.....	59
Figura 17. Comportamiento conductividad eléctrica Hacienda La Pintada....	60
Figura 18. Comportamiento sólidos sedimentables Hacienda La Pintada.....	61
Figura 19. Comportamiento del oxígeno Hacienda La Pintada.....	61
Figura 20. Comportamiento de la demanda Bioquímica de Oxígeno Hacienda La Pintada.....	62
Figura 21. Comportamiento de la demanda química de Oxígeno Hacienda La Pintada	63
Figura 22. Relación DBO-DQO Hacienda La Pintada.....	64
Figura 23. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal Hacienda La Pintada.....	65
Figura 24. Comportamiento del pH Hacienda Las Maderas.....	66
Figura 25. Comportamiento conductividad eléctrica Hacienda Las Maderas....	66
Figura 26. Comportamiento sólidos sedimentables Hacienda Las Maderas.....	67
Figura 27. Comportamiento del oxígeno Hacienda Las Maderas.....	68
Figura 28. Comportamiento de la demanda Bioquímica de Oxígeno Hacienda Las Maderas.....	68
Figura 29. Comportamiento de la demanda química de Oxígeno Hacienda Las Maderas.....	69
Figura 30. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal Hacienda Las Maderas....	69
Figura 31. Comportamiento del pH Hacienda Quebrada Las Mercedes.....	70
Figura 32. Comportamiento conductividad eléctrica Quebrada Las Mercedes....	71
Figura 33. Comportamiento sólidos sedimentables Hacienda Quebrada Las Mercedes.....	72

Figura 34. Comportamiento del oxígeno Hacienda Quebrada Las Mercedes.....	73
Figura 35. Comportamiento de la demanda Bioquímica de Oxígeno Hacienda . Quebrada Las Mercedes.....	73
Figura 36. Comportamiento de la demanda química de Oxígeno Hacienda Quebrada Las Mercedes La Pintada	74
Figura 37. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal Hacienda Quebrada Las Mercedes.....	74
Figura 38. Comportamiento del pH Jucuapa Centro.....	75
Figura 39. Comportamiento conductividad eléctrica Jucuapa Centro.....	76
Figura 40. Comportamiento sólidos sedimentables Jucuapa Centro.....	77
Figura 41. Comportamiento del oxígeno Jucuapa Centro	77
Figura 42. Comportamiento de la demanda bioquímica de Oxígeno Jucuapa Centro.....	78
Figura 43. Comportamiento de la demanda química de Oxígeno Jucuapa Centro	78
Figura 44. Comportamiento Nitrógeno Amoniacal Jucuapa Centro	79
Figura 45. Estructura productiva de la subcuenca del Río Jucuapa.....	85
Figura 46. Estructura productiva por partes de la subcuenca del Río Jucuapa.....	86
Figura 47. Productos Agroquímicos más usados en la subcuenca.....	87
Figura 48. Destino de los desechos de agroquímicos utilizados por los productores de la subcuenca del Río Jucuapa.....	88
Figura 49. Destino de los desechos domésticos en la subcuenca del Río Jucuapa.....	89
Figura 50. Prácticas de conservación de suelos adoptadas por los productores de la subcuenca.....	89
Figura 51. Conocimiento de las fuentes de agua según centros poblados de la subcuenca del Río Jucuapa.....	91
Figura 52. Usos mas comunes del agua según los centros poblados de la parte alta de la subcuenca del Río Jucuapa.....	93
Figura 53. Usos más comunes del agua según los centros poblados de la parte media de la subcuenca del Río Jucuapa.....	93
Figura 54. Usos más comunes del agua según los centros poblados de la parte baja de la subcuenca del Río Jucuapa.....	94
Figura 55. Actividades que realizan los pobladores para conservar fuentes de agua de la subcuenca del Río Jucuapa.....	94
Figura 56. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa según los centros poblados de la parte alta.....	95
Figura 57. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa según los centros poblados de la parte media.....	96
Figura 58. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa según los centros poblados de la parte baja.....	96
Figura 59. Percepción de los centros poblados del estado del agua del Río de la Subcuenca.....	97
Figura 60. Fuentes de agua mas conocidas por los productores de la subcuenca	98

Figura 61. Usos mas comunes del agua según los productores de la parte alta de la Subcuenca.....	99
Figura 62. Usos mas comunes del agua según los productores de la parte media de la Subcuenca.....	99
Figura 63. Usos mas comunes del agua según los productores de la parte baja de la Subcuenca.....	100
Figura 64. Actividades para conservar los fuentes de agua según los productores de la Subcuenca.....	100
Figura 65. Tipos de contaminantes del río Jucuapa según los productores de la parte alta de la Subcuenca.....	101
Figura 66 Tipos de contaminantes del río Jucuapa según los productores de la parte media de la Subcuenca.....	102
Figura 67. Tipos de contaminantes del río Jucuapa según los productores de la parte baja de la Subcuenca.....	102
Figura 68.Percepción de los productores de la subcuenca sobre el estado del agua del río.....	103

LISTA DE ACRÓNIMOS

ASDI: Agencia Sueca de Cooperación Internacional

CATIE: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza

CIRA-UNAN: Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

FOCUENCAS: Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local en el Manejo de Cuencas y prevención de Desastres.

ENACAL-GAR: Empresa de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de Acueductos Rurales

INTA: Instituto de Tecnología Agropecuario

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

MARENA: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

MINSA: Ministerio de Salud

MAR: Miniacueductos rurales por gravedad

UNICAFE: Unión Nacional de cafetaleros

I. INTRODUCCIÓN

Arroyos y ríos sirven como integradores de las características del paisaje terrestre y como recipientes de polución tanto de la atmósfera como del suelo , así grandes ríos son buenos indicadores del impacto acumulativo de elementos contaminantes provenientes de su cuenca. El impacto acumulativo es aquel que resulta de las interacciones de muchas actividades incrementadoras de la polución, cada una de las cuales puede tener un efecto insignificante cuando son vistas por si solas, pero son significativamente acumulativas cuando se observan en agregado (García, 2000).

Las actividades económicas que se realizan en el departamento de Matagalpa, principalmente el cultivo del café y la ganadería, tienen un alto impacto en las partes altas de las subcuencas de Molino Norte y San Francisco principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo de la ciudad de Matagalpa. Las consecuencias de estas actividades son principalmente el vertido de las aguas miles sobre los ríos. Panorama muy común en todos los municipios del departamento de Matagalpa donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad de parte de la población rural de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano (Blandón, *et al.*1993).

La subcuenca del río Jucuapa esta situada en el Municipio de Matagalpa ubicado en la zona norte de Nicaragua, al suroeste de la cabecera departamental en la comarca Jucuapa. Esta subcuenca los históricamente se ha dedicado a la producción de granos básicos, café, hortalizas y ganadería en pequeña escala. Sin embargo, las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental: los suelos presentan alto nivel de degradación, son pobres y desprotegidos con fuertes pendientes donde se cultivan granos básicos y hortalizas, provocando el arrastre de agroquímicos residuales por la escorrentía superficial provenientes del cultivo del café, que se encuentra en las partes altas de la Subcuenca. A esto se le suma una fuerte deforestación en las zonas de ladera para el establecimiento de sistemas de ganadería, cultivo del café y granos básicos; en la rivera del río la vegetación es aún más escasa, lo que facilita el arrastre de los residuos utilizados en las prácticas agrícolas.

Entre los problemas más graves que se visualizaron en la Subcuenca se mencionan el arrastre por arroyos y quebradas de desechos provenientes de productos químicos que

los productores dejan en las parcelas, basura y detergentes asociados principalmente al lavado de ropa en el río, a esto se le suma la contaminación por plaguicidas producto del lavado de bombas y mochilas y el vertido de aguas mieles y pulpa de café, cruda y semiestabilizada, depositada en el río por los beneficios ubicados en la parte alta de la subcuenca, durante la cosecha cafetalera..

Sumado a los problemas anteriores existe una fuerte limitante para el desarrollo y manejo de la subcuenca del río Jucuapa, debido a la falta de información real de la calidad del agua para sus usos actuales más importantes: agua para consumo humano, riego, etc. Este vacío impide pasar de la situación actual de los recursos a la ideal, ya que no hay elementos que permitan la toma de decisiones y la elaboración de programas en pro del bienestar de la población y el uso racional del recurso. Aunado a esto prevalece la utilización del agua superficial para el abastecimiento para consumo humano, evidenciando la necesidad de generar información acerca del estado y la calidad de este recurso a fin de protegerlos y darle un manejo adecuado.

Dentro de las estrategias de FOCUENCAS-CATIE-ASDI en Nicaragua, está el trabajar con un enfoque integral en las cuencas nacionales prioritarias y sus áreas críticas, dentro de las cuales el proyecto ha seleccionado dos cuencas: la Cuenca del Río Grande de Matagalpa y la Cuenca del Río Coco. El área demostrativa del Proyecto FOCUENCAS en Matagalpa es la Subcuenca del Río Jucuapa. Entre los criterios de clasificación para la cuenca demostrativa utilizados por FOCUENCAS-CATIE se mencionan: vulnerabilidad, alta degradación del suelo, potencial productivo, entre otras. (Díaz *et al.* 2001). Por tal razón es importante realizar estudios que permitan la identificación de los problemas más graves y la formulación de estrategias o metodologías para el monitoreo de la calidad de agua y la toma de decisiones futuras.

1.1. OBJETIVOS

En este estudio sobre la calidad y su relación con las actividades productivas de la Subcuenca del río Jucuapa se pretende portar información que sea de utilidad para los proyectos y organizaciones locales gubernamentales que trabajan en la zona, para tal fin se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Diseñar una línea de base informativa para el monitoreo de la calidad del agua en la Subcuenca del Río Jucuapa en función de los usos actuales del agua.

Objetivos específicos:

- ◆ Caracterizar las fuentes de captación de agua para consumo humano.
- ◆ Analizar factores, niveles y agentes de contaminación en los cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Jucuapa
- ◆ Evaluar la percepción de la población local sobre la calidad del agua de la Subcuenca del Río Jucuapa para los usos actuales del agua.
- ◆ Diseñar alternativas que permitan mejorar el uso y control de la calidad del agua en pro de un mejor nivel de vida de la población y la toma de decisiones futuras.

1.2. HIPÓTESIS

- ◆ La contaminación del agua está en función de los usos actuales en la Subcuenca.
- ◆ La población local tiene conocimiento sobre la calidad del agua del Río Jucuapa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Manejo de la Calidad del Agua dentro del contexto de Cuenca Hidrográfica

La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable para la propia vida y más que cualquier otro factor, la calidad de agua, condiciona la calidad de vida y el desarrollo (OMS,1998).

En la región existe un largo historial de gestión de agua a nivel de cuencas, que es muy variada y con diferentes niveles de continuidad y cobertura incluso dentro de un mismo país. La mayoría de las experiencias están vinculadas a la fase de estudios integrales de cuencas, orientadas a hacer un listado de proyectos y una fase constructiva de obras hidráulicas y otras infraestructuras físicas, es decir están a cargo de comisiones o corporaciones de desarrollo de cuencas o de grandes usuarios especialmente en hidroenergía, riego y agua potable. Una de las demandas más frecuentes de los gobiernos es para recibir sugerencias y apoyo para organizar un sistema institucional de nivel nacional o regional capaz de orientar acciones que tiendan al desarrollo sostenible. La posibilidad de crear entidades de agua a nivel de cuencas, capaces de conducir ordenadamente acciones que tiendan a la gestión ambiental, se convierte en una opción muy importante para quienes perciben que ello es un paso esencial para lograr las metas previamente enunciadas. (CEPAL, 1997).

Crear una política económica del agua sensible requiere de políticas consistentes en todos los niveles (desde los Ministerios, Municipalidades, organizaciones comunales), de la misma forma existe la necesidad de mecanismos que garanticen que los tomadores de decisiones económicas sectoriales consideren la sustentabilidad y los costos del agua al realizar elecciones de producción y consumo. El desarrollo de un marco institucional capaz de integrar los sistemas humanos, económicos, políticos y sociales representa un desafío de gran magnitud. El agua es un elemento del cual todos son responsables de su custodia, ésta solamente se logrará mediante la participación real de los interesados en la toma de decisiones(GWP, 1999).

Los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad) de una cuenca son renovables si pueden reemplazarse por vía natural o mediante intervención humana, por el contrario no son renovables cuando no se les puede reemplazar en un período de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos.(Ramakrishna, 1997).

2.2. Calidad del Agua

La calidad del agua se define 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. (Mendoza, 1996)

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos, usos propuestos, especialmente usos humanos y acuáticos relacionados con la salud. (FAO, 1993)

Aunado al control de calidad y a las características geoquímicas del terreno se debe de tomar en cuenta el uso que se hace del suelo de la cuenca y las actividades del hombre. (Braco, 1984, citado por Vásquez 1990).

Muchas prácticas afectan la calidad del agua, según (Ongley, 1997), La agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos debido a la erosión y la escorrentía con productos provenientes de agroquímicos, esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

Otros factores que afectan la cantidad y calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realizan en terrenos arbolados de las cuencas forestales, esto se da cuando el manejo forestal cambia la producción del área, afectando los niveles de las corrientes externas e internas, provocando además sedimentación de los canales de riego, incrementando avenidas, riesgos y daños por inundaciones. (Serrano, 1990).

2.2.1 Determinación de la calidad del agua

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros elementos tienen un origen natural, rocas, suelo y aire. Los segundos son procedente de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos, depurados o no, a las aguas para su eliminación. Son precisamente la naturaleza y la cantidad de estos elementos constituyentes los que definen a un agua, los cuales precisan y limitan su empleo para los diversos usos posibles del agua potable, uso doméstico, industrial, agrícola y/o recreativo (Seoáñez, 1999).

De Zuane (1990) determina la calidad del agua para cualquier uso por medio de análisis físicos y químicos, así como microbiológicos. Las características físicas químicas y biológicas, determinan e identifican la presencia de elementos contaminantes en el agua que pueden disminuir su calidad.

Se mencionan como métodos para medir la calidad de agua a los siguientes:

◆ **Métodos Físico-Químicos:** Se basan en el estudio de los factores físico-químicos del agua y se llevan a cabo mediante una toma de muestras de los sistemas acuáticos, con la determinación de sus características físicas y con análisis de sus componentes químicos. Estos métodos dan una información valiosa, pero se refiere únicamente al instante en que se obtuvo la muestra, por lo tanto, pueden dar resultados muy alarmantes o al contrario pasar desapercibidos ciertos factores para un uso determinado del agua. No indican el estado anterior al de la toma de muestras ni la capacidad de recuperación natural después de un aporte contaminante, tanto en el tiempo como en el espacio.

Sin embargo, una serie de muestreos físico-químicos en momentos diferentes pueden aportar un panorama del comportamiento de la calidad del agua en el tiempo y espacio, que se pueden realizar a través de métodos de monitoreo químico continuo.¹

◆ **Métodos Biológicos:** Se fundamentan en el estudio de las comunidades de animales y de plantas acuáticas. Dado que cada comunidad responde a las condiciones físico-químicas del medio donde vive, cualquier alteración en éstas induce cambios que se manifiestan en la sustitución de unas especies por otras o por la variación del número y proporción de cada una de ellas (Forbes, 1913 y Patrick, 1974 citados por Seoáñez, 1999). Por lo tanto la caracterización biológica del agua parte de la determinación del grado de alteración de la condición biológica de la misma cuando se introducen sustancias tóxicas, materia orgánica que pueda descomponerse o cualquier forma de energía.

2.2.2 Indicadores de la calidad del agua

Los indicadores ambientales son estadísticas claves seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sostenibilidad de los recursos

¹ Rodríguez, A. 2002. Métodos de evaluación físico-químicos del agua (entrevista). San José, CR. Universidad de Costa Rica.

naturales y las actividades humanas relacionadas. Enfatizan en tendencias en los cambios ambientales, los factores de estrés que causan esos cambios, cómo los ecosistemas y sus componentes están reaccionando a dichos cambios, y en las respuestas de la sociedad para prevenir, reducir o aminorar los factores de estrés. (Environmental Canadá, 1997, citado por SINIA,2002).

Los indicadores deben definirse como herramientas para agregar y simplificar la información de una naturaleza compleja de una manera útil y ventajosa (Adriaanse, 1993, citada por Müller, 1998). Son instrumentos para apoyar la toma de decisiones, es decir proveen información en relación con el pasado y los posibles impactos futuros. Por lo tanto, un indicador de sostenibilidad es un número o cualidad que pone en manifiesto el estado o condición de un proceso o fenómeno dado en relación con la sostenibilidad. (Müller, 1998)

2.2.3 Metodología para definición de indicadores

Debido a que el concepto de sostenibilidad implica tres metas, que a corto plazo pueden competir entre sí: los aspectos ecológicos, económicos y sociales que deben de ser considerados simultáneamente. Dentro del marco lógico para la definición de los indicadores, primero se determina el sistema a analizar. Para el caso a analizarse en forma práctica, el **Sistema** es la Microcuenca del Río Jucuapa. De dicho sistema se identifica una **Categoría** de análisis, esta categoría es un aspecto del sistema, significativo desde el punto de vista de la sostenibilidad, ejemplos de categorías son la operación del sistema, el rendimiento, la tecnología y la base de recursos. Las categorías están compuestas por **Elementos**, por ejemplo: el agua, el suelo, la flora, la fauna, el aire, etc. A su vez los elementos tienen características significativas que son los **Descriptor**s, ejm: son la calidad, cantidad y disponibilidad del elemento agua y erosión, materia orgánica y humedad del suelo. Como siguiente paso, se definen los **Indicadores** que son la medida de la operación del sistema sobre el descriptor. Los indicadores son la expresión numérica del descriptor de sostenibilidad. Estos indicadores de sostenibilidad pueden consistir en variables, parámetros, índices. (Villegas, 1995).

2.2.4 Indicadores Físico- Químicos

Los indicadores seleccionados para cualquier estudio se definirán en dependencia de los usos actuales y potenciales del agua en la Cuenca. Mitchell, *et al.* (1991), señala que las categorías utilizadas para hacer recomendaciones en los usos del agua son:

- ◆ Provisión de agua para consumo doméstico e industrial
- ◆ Recreación: El agua tiene contacto total con el cuerpo como en natación, esquí acuático, natación submarina y surf y aquellas que tienen contacto parcial con el cuerpo como pesca, cacería, atrapamiento y paseos en barco.
- ◆ Protección de organismos: Como peces, fauna y otras actividades marinas
- ◆ Usos agrícolas: Agua para ganado e irrigación
- ◆ Uso comercial: Como navegación, hidroelectricidad y cultivo de peces además de otros usos.

Los indicadores físico-químicos de la calidad del agua, que evalúan el estado del ecosistema se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores Físico-Químicos de la calidad del agua

Indicador (F;Q) ²	Unidad de medida	Relación con la calidad del agua
Temperatura (F)	°C	Muchas de las características físicas, biológicas y químicas del río se ven afectadas por la temperatura. La temperatura afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas más grandes, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades.
Conductividad (F)	μS/cm	Las aguas naturales, contaminadas o no, contienen una gran variedad de sustancias en disolución y en suspensión. Muchas de las sustancias disueltas son compuestos que producen partículas eléctricamente cargadas (iones). La conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. Para las aguas de irrigación la conductividad eléctrica expresa salinidad, la presencia de cantidades considerables de sales en las aguas puede afectar la vida acuática
Sólidos	mg/L	Son aquellas partículas más gruesas que se depositan por

² De acuerdo al tipo de indicador, éste podrá ser: F=Físico ó Q =Químico.

Sedimentables (F)		<p>gravidad en el fondo de los cuerpos receptores, se componen de un 70 % de sólidos orgánicos, es decir, sólidos de origen vegetal o animal, a veces tienen sólidos orgánicos sintéticos y un 30 % de sólidos inorgánicos, a este grupo corresponden los sólidos de origen mineral: sales minerales.</p>
Concentración iones hidrógeno (Q)	pH	<p>Mide la acidez o alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. Los cambios en el pH afectan el grado de disociación de los ácidos y bases débiles los que a su vez afectan el grado de toxicidad de muchos de los constituyentes de la disolución.</p> <p>Este parámetro afecta la disponibilidad de nutrientes en usos piscícolas o de la vida acuática.</p>
Oxígeno Disuelto (Q)	mg/L	<p>Es un gas que es consumido por la actividad química y biológica de los microorganismos presentes en el agua, la mayor parte proviene de la atmósfera, las algas y plantas acuáticas también producen oxígeno por medio de la fotosíntesis. El oxígeno depende de muchos factores como la temperatura, altitud, movimiento de la corriente, actividad biológica y química. Es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, la presencia de éste es una señal positiva y la ausencia del mismo es señal de una fuerte contaminación. La mayoría de las plantas y animales acuáticos necesitan de cierto nivel de oxígeno disuelto en el agua para su sobrevivencia. El factor principal que contribuye a los cambios en los niveles de oxígeno disuelto es la acumulación de desperdicios orgánicos y desperdicios de plantas y animales, y del excremento de los mismos. También, debido a la acción fotosintética los niveles de oxígeno disuelto aumentan en las horas de luz y disminuyen en la noche.</p>
DQO (Q)	mg/L	<p>Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. El DQO, es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros)</p>
DBO (Q)	mg/L	<p>Es una medida de oxígeno requerido para la estabilización biológica de la materia orgánica en un intervalo de tiempo. Es un indicador de contaminación orgánica. Expresa la cantidad de O₂ necesaria para biodegradar (degradación por microorganismos) los materiales orgánicos.</p>
Nitrógeno amoniacal (Q)	mg/L	<p>Este parámetro se mide para las aguas superficiales, las aguas destinadas a uso domésticos y para las aguas residuales poco cargadas de material contaminante.</p>

CATIE (1986) ; Mitchell *et al*,1991; Seoáñez, 1999 y Mendoza, (1996). Modificado por Arlen Córdoba.

Los análisis bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la aptitud de un agua para un uso determinado. (Seoáñez, 1999). El principal riesgo asociado al agua en los abastecimientos para las comunidades rurales es el de las enfermedades infecciones relacionadas a la contaminación fecal. Para ellos es necesario enumerar los microorganismos indicadores de la presencia de contaminación fecal, que en algunas circunstancias pueden servir para evaluar la eficiencia de las estaciones de tratamiento de agua para consumo. (OMS,1999). En el cuadro 2, se describen las propiedades e importancia algunas de las bacterias indicadoras de contaminación fecal en el agua.

Cuadro 2. Indicadores Bacteriológicos de la calidad del agua

Indicador	Características
Escherichia colis	Miembro de la familia de las enterobacteriáceas, se caracteriza por la posesión de las encimas β -glucuronidasa. Abunda en las heces humanas y animales, el las heces frescas puede alcanzar concentraciones de 10^9 por gramo, también se encuentra en las aguas residuales, efluentes tratados, todas las aguas naturales y los suelos sujetos a una contaminación fecal reciente, de origen humano, animales salvajes o de actividades agrícolas.
Microorganismos coliformes (coliformes totales)	Este término se aplica a las bacterias Gram-negativas, de forma de bastoncillo. Se encuentran en un grupo heterogéneo, incluye bacterias fermentadoras de la lactosa como: <i>Enterobacter cloacae</i> y <i>Citrobacter freundii</i> , que pueden encontrarse tanto en las heces como en el medio ambiente (aguas ricas en nutrientes, suelo, material vegetal en descomposición), también hay otras especies en este grupo, que raramente o nunca se encuentran en las heces y pueden multiplicarse en aguas potables de una calidad relativamente buena. En los abastecimientos de agua para consumo humano no deben encontrarse bacterias coliformes y si las hay es un indicio de tratamiento insuficiente, contaminación posterior al tratamiento o presencia excesiva de nutrientes. De este modo la prueba de coliformes se puede utilizar como indicador tanto de la eficacia del tratamiento como de la integridad del sistema de distribución.
Estreptococos fecales	Pertenece a los géneros <i>Streptococcus</i> , generalmente presentes en las heces de los humanos y los animales, por estas razones pueden considerarse como indicadores específicos de contaminación fecal humana.

Fuente. OMS,1998

2.2.5 Muestreos y Análisis de agua

El Programa de Desarrollo Institucional Ambiental (PRODIA) 2000, para caracterizar la calidad del agua de los ríos define los tipos de muestreos en:

◆ **Muestras Simples:** Esta puede tomarse de dos maneras diferentes, acorde al objetivo del estudio a efectuar:

1. Aquella colectada en un lugar, tiempo y profundidad determinados y luego analizada. Se la denomina también instantánea o de sondeo Representa la composición de la fuente en ese momento y lugar.
2. Aquella tomada a lo largo de una profundidad determinada en la columna de agua y en un lugar y tiempos establecidos (muestra integrada).

FAO (1993), cataloga a este último tipo de muestreo como muestro en “Estación Fija o Puntual”, el es decir un monitoreo en estación fijas y con intervalos fijos de tiempo, las ubicaciones de las estaciones de muestreo se determinan según los objetivos de la evaluación, conocimiento de los factores que afectan las condiciones de calidad de agua en cada cuenca hidrográfica y lo adecuado y accesible de los lugares para muestreo. Se utiliza un enfoque no estadístico para localizar los sitios, que se seleccionan en desembocaduras de los principales ríos tributarios y en puntos de la corriente principal, responsable por el mayor porcentaje de escorrentía de la cuenca, aguas arriba y aguas debajo de los embalses, en áreas urbanas, drenajes agrícolas y otras áreas que afectan significativamente la calidad del agua.

◆ **Muestras Compuestas:** Implica la colecta de una serie de muestras individuales, recogidas en un mismo punto en distintos momentos estas pueden tener pesos o volúmenes iguales o diferentes acorde al criterio seleccionado para integrar las mismas (tiempo/caudal), que conforman luego una única muestra. Los resultados analíticos serán representativos del promedio en el tiempo de muestreo regularmente no más de 24 hs.

- ◆ **Muestras Compuestas o compesadas acorde al caudal:** En ellas el volumen de las muestras simples (aproximadamente 8 muestras), es proporcional al caudal que circula en el instante de la extracción.

La variabilidad en los caudales del efluente o la de la concentración de los parámetros de interés, es la que define en última instancia la metodología a utilizar, en adición a los medios y personal disponible para dicho fin.

2.2.6 Actividades que Influyen en la Calidad del Agua

Dentro de la problemática de nuestros recursos naturales en una cuenca hidrográfica, se da el deterioro de los suelos, bosques y agua. El daño a las aguas superficiales es tal vez la respuesta inmediata de la cuenca, las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de nuestros ríos, son cosas que se contemplan a diario. De igual forma los acuíferos, que son otra fuente de abastecimiento de agua, pueden ser contaminados por las actividades del hombre (Mendoza, 1989).

La contaminación está conectada inherentemente a las actividades humanas. Además de servir para los requerimientos básicos de los seres vivos y los procesos industriales, el agua también actúa como un cuerpo receptor y un mecanismo de transporte de desechos domésticos, agrícolas e industriales causantes de contaminación.

El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad. (GWP, 1996).

2.2.7 Contaminación

Contaminación es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica (Gallego, 2000).

Otros la definen como la introducción directa o indirecta en el medio ambiente, efectuada por el hombre, de cualquier tipo de desecho peligroso que pueda resultar nocivo para la

salud humana o la vida vegetal o animal, dañe los ecosistemas, estorbe el disfrute de los lugares de esparcimiento u obstaculice otros usos legítimos del medio ambiente (PNUMA, 1987).

Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua, comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración limite o impida los usos benéficos del agua. (Sagardoy, 1993).

En la mayoría de los países casi todos los recursos hídricos son manejados de forma muy disgregada, es decir cada uno de los sectores como agricultura, producción hidroeléctrica, abastecimiento doméstico, industria, etc, planifica, desarrolla y administra la parte del recurso hídrico necesario para su uso. (Sagardoy, 1993).

2.2.8 Tipos de Contaminación

◆ Contaminación dispersa:

Según Villegas, (1995). La contaminación no puntual o difusa es causada por fuentes difusas generalmente asociadas con escorrentía agrícola, silvicultural y urbana. En términos prácticos, la contaminación difusa no se produce por la descarga desde un lugar único y específico , sino que generalmente resulta de la escorrentía, precipitación, percolación; la contaminación dispersa se presenta cuando la tasa a la cual los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua o agua subterránea, exceden los niveles naturales. Este tipo de contaminación es difícil de identificar, medir y controlar.

En la mayor parte de los países , todos los tipos de prácticas agrícolas y formas de utilización de la tierra, incluidas las operaciones de alimentación animal (granjas de engorde), se consideran como fuentes no localizadas. Las características principales de las fuentes no localizadas son que responden a las condiciones hidrológicas, presentan dificultades para la medición o control directo (y por ello son difíciles de regular) y se concentran en las prácticas de ordenación de la tierra y otras afines. (Ongley, 1997).

Ámbito del problema

Los contaminantes de fuentes no localizadas, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia. Estos

contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierra húmedas, ríos, lagos y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas, transportadas por los ríos. La repercusión ecológica de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas, sobre los peces, aves, mamíferos y sobre la salud humana.

◆ **Contaminación de Fuentes Puntuales:**

Este tipo de contaminación está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas receptoras, por ejemplo mediante cañerías de descargas, en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar. (Ongley, 1997). Entre ellas se mencionan:

- 1. Contaminación por Actividades Industriales:** Estos contaminantes son innumerables dependiendo del tipo de producción, en general la contaminación puede ser debida a materia inorgánica que se encuentra en suspensión y en solución, también a sustancias orgánicas como los desechos químicos, fenólicos, orgánicos fermentables y desechos tóxicos. (Repetto y Morán citados por Sagastizado, 2001).
- 2. Contaminación de origen doméstico:** Las sustancias presentes en el excremento humano son una mezcla de compuestos orgánicos y minerales no disueltos. Los compuestos orgánicos son las grasas, jabones, proteínas, glúcidos y los productos provenientes de su descomposición, detergentes, aceites minerales y otros desperdicios de origen animal. Si un agua de origen doméstico contamina es agua destinada para uso potable, puede transmitir su carga de bacterias y virus eventualmente presentes y causar enfermedades (Repetto y Morán citados por Sagastizado, 2001).

2.2.9 Riesgo de Contaminación Agraria

Dependen del tipo de gestión agraria que se esté ejerciendo. De esta forma el riesgo se evalúa en función del tipo de cultivo, prácticas agrarias ,ganado, productos que se añaden, su cantidad, la calidad del manejo que se hace de éstos y/o actividad que se realice alrededor del objetivo en estudio. La peligrosidad integral de contaminación de una

región depende de la relación existente entre la vulnerabilidad del medio a ser afectado y el nivel de riesgo debido a la utilización de productos (Valero 1994).

El mismo autor menciona los factores que afectan el riesgo de contaminación. Ellos son:

El tipo de cultivo y las prácticas agrícolas: Los cultivos más intensivos, que tienen mayores beneficios económicos, consumen en general mayor cantidad de plaguicidas y fertilizantes. Por ello los regadíos de hortalizas, cítricos, frutales y en especial los invernaderos, producen los mayores problemas ambientales.

Las características y la cantidad total de los productos utilizados: Para evaluar el riesgo de contaminación es importante conocer tanto los productos empleados, el tipo y las concentraciones que se han utilizado, así como las cantidades totales empleadas en cada unidad territorial objeto de estudio. Para conocer los productos que se emplean se puede recurrir a encuestas a agricultores y técnicos de la zona. Entre las propiedades de los productos que afectan a su potencialidad como contaminantes se encuentran: su persistencia en los elementos del medioambiente, su solubilidad en agua y en grasas, su volatilidad, sus posibilidades de ser degradados, los metabolitos que producen, sus características catiónicas y su toxicidad para los diferentes seres vivos.

El Manejo de los productos: La aparición de una sola práctica de alto riesgo eleva directamente el riesgo, por tal razón es importante realizar una aplicación adecuada de los productos químicos antes, durante y después del tratamiento. Muchas veces se utilizan los fertilizantes químicos en cantidades muy elevadas de forma que se acumulan en los suelos y contaminan las aguas.

Otras prácticas agrícolas: Los pozos de las zonas agrarias pueden contaminar los acuíferos o simplemente la propia agua del pozo utilizada para cualquier uso, cuando no están contruidos siguiendo las normas mínimas de revestimiento de las paredes en contacto con agua de niveles contaminados, sobretodo los más cercanos a la superficie, cuando no tienen limpia la superficie alrededor de la boca del pozo o no está aislada mediante una caseta.

2.2.10. Contaminación por el Beneficiado del Café

El cultivo, procesamiento y comercialización del café ha constituido una de las actividades de mayor impacto en la economía Nicaragüense ya que representa el 5% del Producto Interno Bruto de Nicaragua, genera el 30 % de las divisas que ingresan al país, significa la fuente de ingreso principal de 230,000 familias, se desarrolla en zonas agrestes donde difícilmente se podría desarrollar con ventaja otro cultivo y representa una reserva ecológica y protección de suelos. Sin embargo a la par de estos beneficios, se observan impactos negativos en los ecosistemas regionales durante el ciclo agrícola e industrialización del café, debido al uso de fertilizantes, insecticidas químicos, malas prácticas agrícolas promovidas por programas cafetaleros y por la contaminación de las fuentes de agua a causa de los residuos generados en el beneficiado húmedo. Estas prácticas son causa de detrimento de la calidad de los recursos naturales, perjuicio que ya alcanza a poblaciones importantes, como es el caso de la ciudad de Matagalpa, en cuanto al suministro de agua. (MARENA, 2000).

En el Norte de Nicaragua (Matagalpa y Jinotega), el beneficiado del café se caracteriza por un elevado consumo de agua y la consecuente generación de grandes cantidades de agua residual. Es usual el uso de una colina para aprovechar la gravedad en el movimiento de los materiales. En el beneficiado húmedo tradicional se utiliza agua sin ningún control, excepto la impuesta por la disponibilidad del líquido, lo que se ha resuelto ubicando las instalaciones al lado de un curso de agua, de manera que se pueda tomar por gravedad y descargarla de la misma manera después de usarla, junto con la pulpa. En el Norte de Nicaragua se han medido consumos de 2000 a 6000 litros por quintal oro. El 30 ó 50% es usado en despulpado y el complemento en el lavado. (MARENA, 2000).

En el caso del beneficiado del café la contaminación es principalmente de carácter orgánico causado por los subproductos directos del proceso de beneficiado húmedo del café: la pulpa y el mucílago. De tal forma que los desechos más importantes de este proceso son: la pulpa (desecho o residuo sólido), las aguas del despulpado, el agua de arrastre de la pulpa y las del proceso del lavado, estas constituyen las aguas mieles (aguas residuales), las aguas del proceso que adquieren una carga orgánica fuerte al arrastrar los subproductos del café. (Ayuda en Acción, 1999).

Caracterización de los subproductos del café:

- ◆ **La pulpa:** Esta constituida principalmente por azúcares y mucílago (sustancia pecto-celulósica), la composición química de ésta, al sufrir el proceso de fermentación, que por lo general se da en condiciones aeróbicas, puede provocar que estas sustancias se conviertan en agentes contaminantes, incidiendo directamente en las características organolépticas (olor, sabor) del agua y del medio general.

- ◆ **El Mucílago:** Es parte de los elementos contaminantes potenciales del fruto por su alto contenido de azúcares, pectinas y ácidos orgánicos. Las aguas utilizadas para la eliminación del mucílago durante el proceso de lavado o de desmucilaginado mecánico y que son descargadas sin tratamiento previo se convierten en fuente de contaminación de los recursos hídricos.

- ◆ **Aguas mieles o residuales:** Es el agua que resulta del proceso de despulpar o lavar el grano; su naturaleza química esta relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia, originando así su capacidad contaminante con el aporte de materia orgánica, fósforo, nitrógeno, carbohidratos no fermentado, alcoholes. (Ayuda en Acción, 1999).

2.2.11. El café y la Legislación Ambiental

El vertido de los desechos sólidos y líquidos del beneficiado del café, ha estado reglamentado en Nicaragua por los siguientes textos:

- ◆ **Reglamento específico del beneficio de café,** por decreto del 21 de Diciembre de 1937, que estipula: La obligación de instalar un tanque separador, para separar la pulpa del agua y la prohibición del vertido de la pulpa a los ríos, además de la obligación de almacenarla en tanques para transformarla en bioabono. (Ayuda en Acción,1999).

- ◆ **Decreto sobre la contaminación industrial. No. 432 del 17 de abril de 1989,** sobre la recolección, tratamiento o disposición de los desechos sólidos o líquidos (MARENA, 2000).

- ◆ **Decreto, No 33-95 del 26 de junio de 1995 de las Disposiciones para el control de la Contaminación proveniente de las descargas de Aguas Residuales, Domésticas, Industriales y Agropecuarias.** En este decreto se fijan los valores máximos permisibles

de contaminantes que pueden ser vertidos por las actividades antes mencionadas en las redes de alcantarillado sanitario y cuerpos receptores. En el artículo 38 de este Decreto se establecen los valores máximos permisibles para el beneficiado húmedo del café (Decreto No. 33-95, 2000) descritos a continuación en el cuadro 3:

Cuadro 3. Rangos y Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Aguas Residuales a los cuerpos de receptores, por beneficiado húmedo del café.

PARÁMETROS	Rangos y Límites Máximos permisibles PROMEDIO DIARIO
pH	6.5 – 9
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	150
Sólidos Sedimentables (mg/L)	1.0
DBO (mg/L)	120
DQO (mg/L)	200
Materia Flotante	Ausente
Grasas y Aceites (mg/L)	10

Fuente. Decreto No. 33 – 95, 2000

Es importante señalar que a pesar de que existe una legislación, ésta no se ha aplicado con suficiente rigor por no existir alternativas para el control o tratamiento de los residuos o las aguas residuales o por los elevados costos que ello implica. Hasta el año 1989, las penalizaciones y multas eran simbólicas (hasta 10 días de cárcel, conmutables a razón de 0.50 centavos de Córdoba por día en caso de infracción al decreto de higiene de 1927 o bien 50 Córdobas por no respetar el decreto de 1937). En la actualidad con los problemas crecientes de afectación al medioambiente y sus repercusiones negativas a poblaciones se esta impulsando con mayor fuerza la aplicación de normas y políticas para reducir la contaminación por los residuos del beneficiado húmedo de café. Entre estas acciones se destacan: el aumento de vigilancia y de multas, la promulgación del Acuerdo Ministerial 04-2000 que establece el Plan Gradual Integral para la Reducción de la Contaminación Industrial (PGIRCI) y el desarrollo de proyectos que demuestran el uso de tecnologías de beneficiado limpias. (MARENA,2000)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

La subcuenca del Río Jucuapa, se encuentra en el Departamento de Matagalpa, municipio de Matagalpa, ubicada entre las coordenadas: 80°02'29.9", 85°53'38.25" de longitud oeste y 12°50'06.19", 12°53'35.68" latitud norte . La Subcuenca inicia en una derivación de la Cordillera Dariense en la fila del Cerro Peña Blanca, extendiéndose hacia el sur pasando por los cerros de la Pintada, Santa Josefina, al sur-oeste se desvía sobre la fila del Cerro La Molonca, pasando por el empalme El Portillo del Cacao, hasta desembocar al Río Grande de Matagalpa. Hacia el norte la microcuenca está limitada por la fila del Cerro La Minita y el Cerro San Pablo. (Vallecillo *et al.* 2001). Tiene un área de aproximadamente 41 Km² (Ver mapa 1 anexo).

Comprende 7 comunidades ubicadas en toda la Subcuenca, Las Mercedes, El Ocotol, Jucuapa Centro, Ojo de Agua, Jucuapa Occidental, Limixto, Jucuapa Abajo, teniendo mayor concentración poblacional en la comunidad de Jucuapa Centro. Además de estas comunidades comprende tres haciendas cafetaleras La Pintada, Santa Josefina y Los Angeles que contienen asentamientos humanos.(Mapa 2, anexo)

.

Características Biofísicas

3.1.2 Geomorfología

La Subcuenca del Río Jucuapa está situada como una cuña entre las Microcuencas de El Apante, San Pedro y Molino sur. Dentro de la clasificación geomorfológica corresponde al tipo Montaña, la topografía predominante es fuertemente quebrada a escarpada. Hay inclusión en la parte baja de muy pequeños valles intermontanos de acumulación, con topografía ligeramente ondulada y pendientes entre 2% y mayor de 75%. El material parental está constituido por rocas de formación volcánica e intrusivas del Cretácico (Díaz *et al.* 2001).

3.1.3 Fisiografía

En la subcuenca los suelos corresponden al período terciario, a la formación Coyoil, están conformadas por tierras montañosas y cerros con un alto grado de erosión, la altitud oscila entre los 700 y 1400 msnm, dominando las pendientes mayores al 30% excepto en

muy pequeñas áreas planas de los valles intermontanos que tienen pendientes inferiores al 15% (INETER 1996 citado por Díaz *et al.* 2001). (mapa 3, anexo)

3.1.4 Geología y Suelo

Las propiedades básicas del desarrollo del suelo identificadas en la subcuenca, están fuertemente marcadas por el material parental proveniente de rocas pertenecientes a cuatro unidades estratigráficas. En la zona intermedia están degradados, y la capa superficial presenta piedras pequeñas y medianas en gran abundancia (Vallecillo *et al.* 2001 citado por Díaz *et al.*).

Uso actual del suelo

El uso actual está muy diversificado, la parte alta de la microcuenca en el sector de La Pintada, Las Mercedes, Santa Josefina, El Ocote y el Ocotal se encuentran las mayores áreas de cultivos de café con sombra, extensas áreas de pasto con malezas y pastos más cultivos. También se reflejan pequeñas áreas de cultivos anuales (Mapa 4, anexo) .

En la parte media de la subcuenca (Jucuapa Centro , Jucuapa Occidental y el Ojo de agua) el uso del suelo está caracterizado por pasto más cultivos, aquí se observan pequeños parches de bosques, sin embargo se observan muchos terreno sin protección.

En los sectores de Limixto, Jucuapita, Jucuapa Abajo, existen aún pequeñas áreas de cultivos anuales sobre todo en las fincas cerca del río o donde han represado agua, hay extensas áreas de pasto con malezas y muy pocas áreas de vegetación arbustiva.

3.1.5 Clima

Precipitación. De acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorológica de Matagalpa, corresponde a un período de toma de datos no menor a 32 años. y recibe una precipitación media anual de 1,164.5 mm de agua, distribuidos en dos épocas muy bien marcada de aproximadamente 6 meses de duración cada una: la época lluviosa que va desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, en la cual ocurre el 85.2 % de la precipitación y la época seca que va del mes de noviembre al mes de abril, aquí ocurre el 14.8 % de la precipitación. (Díaz, *et al* 2001).

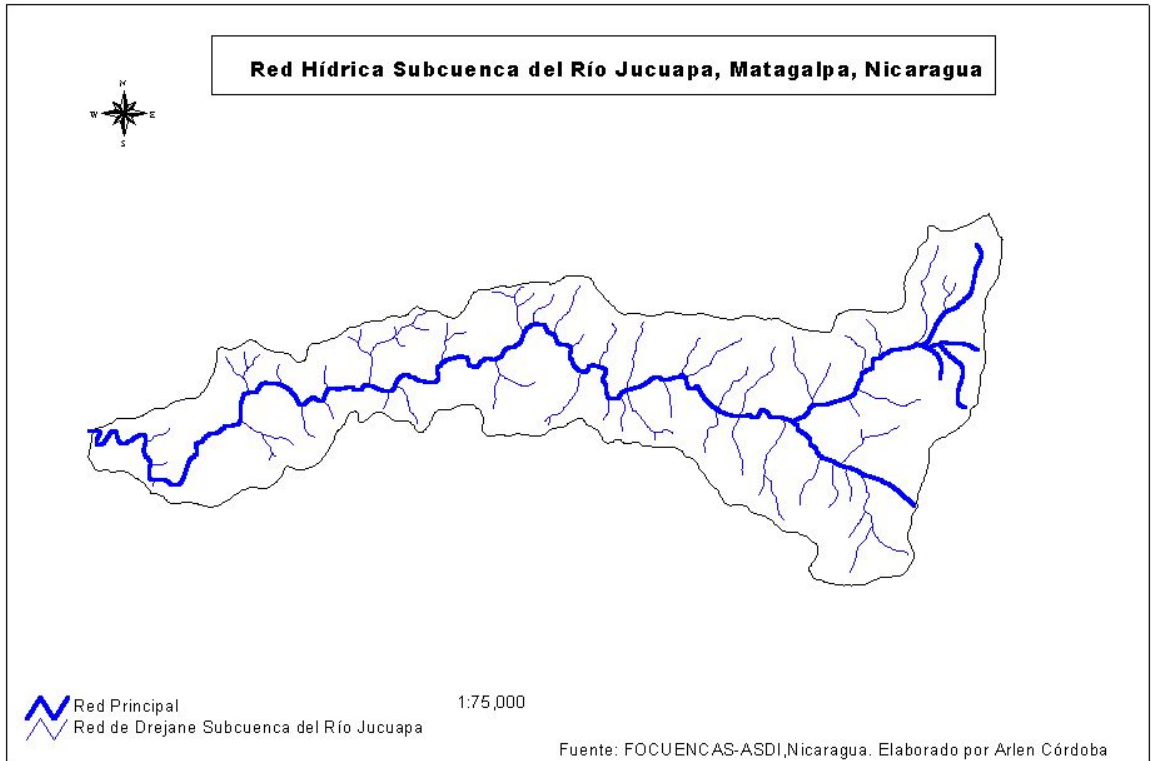
Temperatura. La temperatura media anual oscila entre los 23°C en la zona alta y los 30°C en la zona baja (Vallecillo *et al.* 2001). En los meses de diciembre a enero se presentan las temperaturas más bajas y las más altas en los meses de abril y mayo.

Zona de vida. Según la clasificación de las zonas de vida de Holdridge esta zona se encuentra en la clasificación de Bosque húmedo subtropical (bh - ST). (Holdridge, 1978).

3.1.6 Hidrografía

Las principal corriente de agua que se encuentran en el área de estudio es la conocidas como Río Jucuapa (Mapa 1). De la fila del Cerro Peña Blanca nacen 7 vertientes que cruzan la Hacienda La Pintada, de estas vertientes dos son de importancia ya que son constantes (en invierno y verano) y proveen de agua a la Hacienda y a la comunidad del Ocotál, las aguas de estas vertientes se encuentran más abajo en la Quebrada Las Mercedes con las aguas provenientes de Santa Josefina. Al sur, por la Hacienda Santa Josefina, nacen 2 vertientes importantes, en la Hacienda Los Angeles nace otra vertiente que se une aguas abajo con las vertientes de Santa Josefina y La Pintada, a este punto se le conoce como los encuentros y forman el Río Jucuapa³. En la comunidad de Santa Cruz (río abajo), el Río Jucuapa se une al Río Grande de Matagalpa . No se disponen de medidas de caudal sin embargo, aguas abajo en el transcurso del río las vertientes son temporales, en muchos tramos después de la comunidad de Jucuapa Centro, el río se seca y vuelve a brotar varios kilómetros adelante. A pesar de que existe una estación Meteorológica en el Municipio de Matagalpa (1953-1985), no se cuentan con datos actuales.

³ Según entrevista con productores y recorrido e campo



Mapa 1. Red Hídrica, Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua

3.1.7 Aspectos Socioeconómicos

Población: La microcuenca del Río Jucuapa es el segunda comarca que tiene la mayor concentración de la población rural con una total de 2500 mujeres y aproximadamente 2800 hombres.

Educación y Salud: . En la microcuenca existe únicamente un Centro de Salud ubicado en Jucuapa Abajo, las comunidades de la parte de Arriba tienen que ir a la ciudad de Matagalpa, por este servicio. Cada comunidad cuenta con una escuela de educación primaria completa y preescolar desde primero a tercer nivel de educación primaria.

Tenencia de la Tierra: La mayor parte de las tierras son privadas o heredadas, hay algunos casos de reforma agraria, es decir que fueron confiscados en la época de la revolución como por ejemplo la Hacienda Santa Josefina que parte está en manos de la comunidad.

Vías de Acceso y Transporte: Existen caminos que pueden transitarse tanto en época seca como en época de lluvia y dos servicios de buses colectivos en mal estado que salen del lugar por la mañana y regresan en la tarde todos los días, al menos para las comunidades de Limixto, Jucuapa Centro y el Ocote, a las Mercedes y el Ocotal solamente va una vez por semana.

Organizaciones Locales: Encontramos diferentes organizaciones en la comunidad: Los auxiliares de alcaldes que hay uno en cada comunidad y son los que están en contacto directo con la municipalidad, Comités de agua, encargados de velar por el buen manejo y conservación de las captaciones de agua, Colectivo de Mujeres realizan actividades productivas, promotoras de salud, Fundación de Mujeres para el Desarrollo Económico (FUMDEC), Cooperativa Unidos por el Esfuerzo, Cooperativa Pedro Joaquín Chamorro y Cooperativa Carlos Fonseca, organizaciones de productores que trabajan en coordinación con proyectos.

Apoyo Institucional: Algunas instituciones trabajan en la zona, CARE que impulso los proyectos de agua potable, en la actualidad brinda asistencia técnica a algunos productores, de igual manera el INTA, que esta trabajando en la subcuenca como contraparte. Alcaldía Municipal de Matagalpa a través del Departamento de Medioambiente y Relaciones con la comunidad, apoyando la reforestación y al igual que el INTA, dándole seguimiento a los proyectos de FOCUENCAS. El Ministerio de Salud, la Empresa de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL-GAR), que supervisa el manejo de las captaciones de agua para consumo en las comunidades y el Proyecto de Fortalecimiento para la capacidad local en el manejo de cuencas (FOCUENCAS-CATIE-ASDI), con proyectos de desarrollo local.

Sistemas de Producción: Es una zona de bajo potencial productivo por el uso intensivo del suelo que a provocado una fuerte deforestación y escorrentía. En general se practican cultivos de subsistencia debido a los problemas de crédito con que cuentan los productores y a la poca comercialización de sus productos en el mercado local. Los cultivos predominantes son los granos básicos, hortalizas y algunos frutales como: la maracuyá, el cultivo del café en la parte alta de la microcuenca en tres grandes haciendas (La Pintada, Santa Josefina y Los Angeles), algunos productores de la cuenca alta también cultivan el café pero a pequeña escala al igual que algunos en la parte media.

Tecnologías utilizadas: Entre las influencias positivas dejadas por muchos proyectos como TECHONOSERVE en 1992, se encuentran lagunas con cultivos de Tilápia en algunas fincas de Jucuapa centro, la organización de las cooperativas que aún funcionan donde los productores gestionan créditos e insumos. (Vallecillo, *et al.* 2001).

3.1.8 Aspectos Socioambientales

Problemática social:

Existen diferencias marcadas en la población, los pobladores de la parte alta de la microcuenca (Las Mercedes, El Ocotal, El Ocote), cuentan con más recursos, con más disponibilidad de agua, estos recursos les permiten un mejor nivel de vida y una mejor preparación. En la parte media los comportamientos son similares a los de la parte alta, en cambio en la parte baja (Limixto, Jucuapita, Jucuapa Abajo), hay más sequía, menos disponibilidad a los recursos básicos (transporte), hay más pobreza que se refleja en sus viviendas, menos disponibilidad al recurso agua y por encontrarse en la parte baja de subcuenca los que reciben los mayores impactos de los malos usos aguas arriba, los pobladores son apáticos a los proyectos, ya que hay muy poca participación de ellos, lo que empeora aún más el desarrollo de la comunidad.

Un problema muy fuerte que afecta a la subcuenca y en general en todo el municipio, son las diferencias políticas, que en ocasiones limitan la participación de las personas no afines al Gobierno actual o al partido político que tenga a su cargo la Municipalidad.

Servicios Básicos: A pesar de estar cerca de la ciudad de Matagalpa no se cuenta con servicio de energía eléctrica. El agua para consumo humano es brindada por los proyectos que CARE realizó donde los dueños de manantiales cedieron voluntariamente el recurso, este tiene un precio simbólico utilizado para los materiales como el cloro. En muchas comunidades no llega hasta las casas, sino que cuentan con puestos de agua, en otras no llega y tienen que abastecerse directamente del río, en la parte baja muchas familias se abastecen de pozos.

Problemas Ambientales: En general los recursos de la subcuenca están muy degradados, hay una fuerte deforestación sobre todo en la rivera del río Jucuapa. Los pequeños parches de bosque que existen se encuentran en la parte alta de la subcuenca

que cada día van a la desaparición para el establecimiento de áreas de cultivos como huerto. Existe una fuerte influencia sobre el recurso agua por las haciendas cafetaleras ubicadas en la parte alta de la subcuenca que no cuentan con tecnologías apropiadas para el manejo de los desechos de esta actividad, lanzándola directamente al Río Jucuapa. De igual forma los productores ubicados en la rivera de éste río lavan sus bombas y mochilas de fumigar en él, causando la muerte de las especies que se encuentran en el río. Sobre el río son vertidos todo tipo de basura, es además utilizado para lavar la ropa, observándose en su recorrido lugares con restos de detergente, también el río se usa para bañar animales. (Vallecillo *et al*, 2001).

3.2 Recolección de Datos

A continuación se describen por cada uno de los objetivos la recopilación de la información en campo y la metodología seguida para este fin.

3.2.1 Aspectos Metodológicos:

Objetivo 1. Identificar y caracterizar las fuentes de captación de agua para consumo humano:

Se realizó un recorrido de campo para identificar los manantiales a fin de caracterizarlos y ubicarlos en un mapa, para ubicar las coordenadas geográficas se hizo uso de GPS y posteriormente del Sistema de Información Geográfica (SIG), para la realización de los mapas de usos de la tierra, pendientes, riesgos de contaminación. Para la elaboración del mapa de riesgo de contaminación se hizo uso del programa Arcview, de esta forma se usó como mapa base el mapa de uso actual de la tierra y el mapa espacial de los manantiales identificados en la Subcuenca, para analizar las actividades que se realizaban alrededor de cada uno y analizar los impactos que cada una de ellas podía tener sobre el manantial. Una vez analizadas se les dieron pesos y se calificaron. A todos los mapas se les realizó un radio de acción de 10 x 10 m, partiendo de la hipótesis de que los pozos podían estar influenciados por las actividades antrópicas en un área de influencia de 150 m de radio. Finalmente se hizo un análisis entre cada tabla con el Map Calculator en SIG, este programa ponderó las variables por cada una de las capas (layer) de acuerdo al peso de éstas, así para la variable de uso del suelo que tenía 40% de peso, se ponderó a 0.4 y este factor se multiplicó por la calificación de cada uno de las sub-variables (1 a 9, de estas 1 es la de menos riesgos y 9 la de mayor), así sucesivamente

con todas las variables. Una vez ponderadas los resultados de cada capa se sumaron, obteniendo un rango de valores que nos indicaron los diferentes niveles de riesgo de contaminación. Este resultado nos muestra las interrelaciones entre todas las variables. Se generaron diferentes mapas a partir de los mapas de uso actual y pendientes, así obtuvimos un mapa de los manantiales y la influencia que cada variable pueda tener en ellos y finalmente un mapa con la interrelación de todas ellas.

Por la importancia y el rol social que tienen se realizó un monitoreo de la calidad de agua a los manantiales que abastecen a las distintas comunidades de Jucuapa. Estos muestreos se realizaron en coordinación con el Ministerio de Salud (MINSA) y la Empresa de Acueductos y Alcantarillados y su Dirección de Gerencia de Acueductos Rurales (ENACAL-GAR). Por la falta de recursos económicos de todas las partes involucradas en el estudio solamente se analizaron en las muestras de agua coliformes fecales y se realizaron dos análisis de agua uno en el mes de Abril y el otro en Mayo.

Las muestras de agua se tomaron en los proyectos de agua potable realizados por CARE en las comunidades de: Jucuapa Abajo, Limixto, Jucuapa Centro, Las Mercedes, El Ocotol y se georeferenciaron con el GPS, para ubicarlos en el mapa de muestreo (anexo, mapa 6) .Estos proyectos son del tipo pozo excavado con bomba de mano importada y miniacueducto por gravedad (MAG) A la par del muestreo se aplicó un formato de encuesta sanitaria para determinar los riesgos de contaminación de las fuentes de agua para consumo humano, proporcionadas por ENACAL – GAR, posteriormente la cantidad de riesgo presente se analizó con un cuadro de riesgo de contaminación.

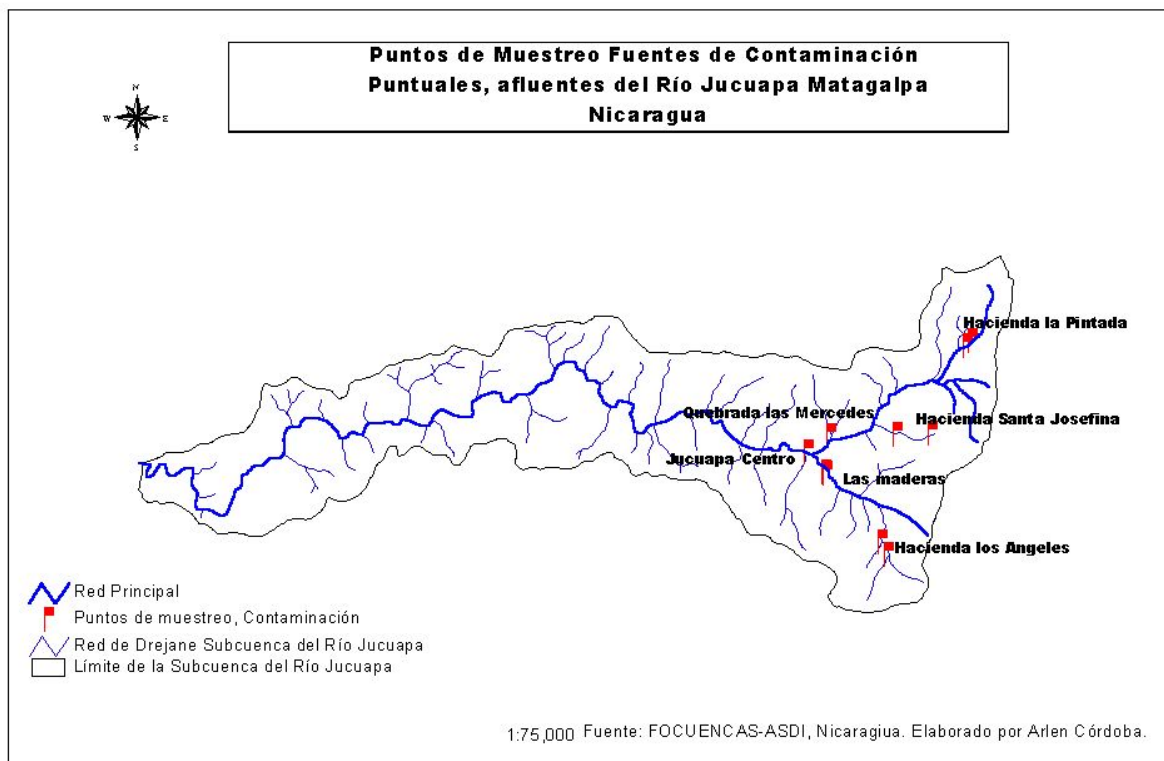
Las pruebas se realizaron con el laboratorio portátil tipo OXFAN, éste consta entre otros instrumentos de: un maletín, incubadora, turbímetro, comparador de cloro y pH, filtros de membrana, botella de medio de cultivo, envase de metanol, pinza, dispositivo de filtración con vaso de muestreo (estéril), vaso de succión, dispensador de almohadillas

Las muestras se tomaron con el vaso de recolección el cual pasó al equipo de filtración, previamente preparado con una membrana en el centro, luego el agua es succionada por un bombín de succión al vaso receptor. La membrana se pone en platos petris previamente preparados con un medio de cultivo, se tapa y se introduce en la incubadora portátil, para transportarse al laboratorio donde finalmente se realizará el procedimiento

final. Es importante destacar que después de cada análisis el vaso de muestreo de acero inoxidable y el dispositivo de filtración se esterilizan con metanol. Al finalizar los muestreos se llevaron las muestras a la incubadora del laboratorio de ENCANAL, dejándolas por 24 horas, tiempo suficiente para que crezcan las colonias de coliformes, luego haciendo uso de un microscopio se realiza un conteo del número de colonias que crecieron. También se realizaron análisis para de cloro residual en las fuentes de abastecimiento de agua.

Objetivo 2: Identificar los factores, niveles y agentes de contaminación en los cuerpos de agua de la Subcuenca del Río Jucuapa

Por ser la actividad cafetalera la que causa mayores impactos en la calidad del agua, se decidió enfocar los análisis en la contaminación puntual, es decir la contaminación orgánica, proveniente de beneficios de café, que descargan sus desechos al río Jucuapa. Para este fin, se realizaron 3 análisis en todo el estudio en los meses de Febrero, Marzo y Abril del presente año. Se seleccionaron seis puntos de muestreo en la Subcuenca para realizar los análisis físico químicos. La mayoría de estos puntos se encuentran en la parte alta de la Subcuenca en las haciendas cafetaleras Los Angeles, Santa Josefina, La Pintada, en cada una de estas haciendas se seleccionaron dos puntos de muestreo, uno antes de la descarga y otro después de la descarga de pulpa y aguas mieles, los otros tres puntos de muestreo se seleccionaron con el fin de observar el comportamiento de los contaminantes, se realizaron uno en la quebrada Las Mercedes que recoge las aguas provenientes de La Pintada y Santa Josefina, el otro en la finca Las Maderas aguas abajo de la finca Los Angeles y el último punto ubicado en Jucuapa Centro, donde todas estas aguas convergen y se unen (Mapa 2).



Mapa 2. Muestreo en afluentes del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua.

Las variables físico-químicos se seleccionaron en dependencia del tipo de contaminación, basándonos también en el Decreto No. 33-95 de las Disposiciones para el Control de la Contaminación provenientes de las Descargas de Aguas Domésticas, Industriales y Agropecuarias de la República de Nicaragua (cuadro 3) y se analizaron en el laboratorio del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN). Los parámetros fueron los siguientes: pH, temperatura, conductividad a 20.0 °C, sólidos sedimentables, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y nitrógeno amoniacal. En el cuadro 4 se muestran los instrumentos que se utilizaron para recoger las muestras en cada muestreo:

Cuadro 4. Variables, instrumentos y materiales usados en el muestreo físico-químico

Parámetro	Instrumentos y Materiales	Número de instrumentos
pH, Temperatura y Conductividad	Para estos tres parámetros se utilizó el conductímetro, y para el pH un pHmetro	1
Sólidos sedimentables	Galones de plástico	10
Oxígeno	Botellas de vidrio de 300 ml con tapón esmerilado, a este parámetro se le agregan con un gotero sin formar burbuja 1ml de sulfato de manganeso ($MnSO_4$) y 1 ml de álcali-ácida de sodio (NaN_3NaOH), se agita varias veces y se deja sedimentar hasta que se forme sedimentado color café, analizado posteriormente en el laboratorio.	11
DQO	Frascos de vidrio claro de cuello esmerilado, se adiciona 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) por 100 ml de muestra.	10
DBO_5	Frascos de plástico de 500 ml	10
Nitrógeno amoniacal	Frascos de vidrio ámbar de 1 lt, se agrega 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) por cada lt de la muestra recolectado	10

Las muestras se preservaban en un termo con abundante hielo antes de llegar al laboratorio.

Para complementar la información hidroquímica en la subcuenca se realizó una recopilación de la información hidrogeológica e hidroquímica del municipio de Matagalpa, a cargo del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), que ha realizado muestreos en quebradas, ríos y manantiales, en la década de los 90, en ella se encontraron muestreos que representan las características hidroquímicas del agua en todo el municipio, de esta manera se utilizó el mapa base de la microcuenca para identificar los manantiales o pozos estudiados que se encontraran en el área de la microcuenca y con la colaboración de Especialistas en Química del agua de dicha institución se realizó un análisis hidroquímico de la microcuenca. Datos que fueron complementados con los análisis físico-químicos realizados en este estudio.

A la par de estos análisis se seleccionó a los productores ubicados a 500 m de las márgenes del río, a fin realizar una caracterización de las actividades productivas de las fincas, del manejo de éstas, disposición final de los desechos y residuos, para evaluar el impacto o influencia de estas actividades en la calidad del agua. A las haciendas que tenían beneficios se les recopilaban datos adicionales relacionados a la actividad cafetalera. Se hicieron un total de 58 encuestas en toda la Subcuenca , de éstas 3 correspondían a las 3 haciendas cafetaleras que se encuentran en la parte alta de la Subcuenca.

Objetivo 3: Evaluar la percepción de la población local sobre la calidad del agua de la Subcuenca del río Jucuapa

Este objetivo se cumplió a través de dos tipos de encuestas éstas constaban de dos partes: una para observar el conocimiento de las fuentes de agua que existen en la comunidad y los usos que le dan a ésta y otra parte que abordaba la percepción de la comunidad sobre el estado de contaminación del río Jucuapa.

◆ **Encuesta de Percepción de la población:** Se aplicó a los centros poblados, entiéndase por centros poblados a las agrupaciones de casas o poblaciones ubicadas cerca de la iglesia o centro de salud a un radio no mayor de 10 kilómetros, esta encuesta no incluye a las casas que forman parte de la comunidad pero que se encuentran dispersas. De la misma manera esta encuesta se aplicó a los productores que se ubicaban a 500 m de las márgenes del río.

◆ **Encuesta a Instituciones:** Se aplicó a las instituciones que trabajan en la zona y a aquellas que no pero que tienen a su cargo el manejo de los recursos naturales ellas son: FOCUENCAS, Alcaldía Municipal de Matagalpa, Proyecto CUENCAS-Matagalpa, Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ministerio de Salud (MINSAL), Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL-GAR), Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA-Matagalpa).

◆ **Taller de percepción de agua:** Con los líderes comunales, de cooperativas, movimientos de mujeres, líderes de salud y miembros de los comités de agua de la Subcuenca. Con este taller se pretendía conocer la percepción de los líderes sobre

la calidad del agua, las acciones que emprenden a la hora de situaciones de riesgo de contaminación, el análisis de la problemática y a partir de esto que ellos generaran sus conclusiones y alternativas.

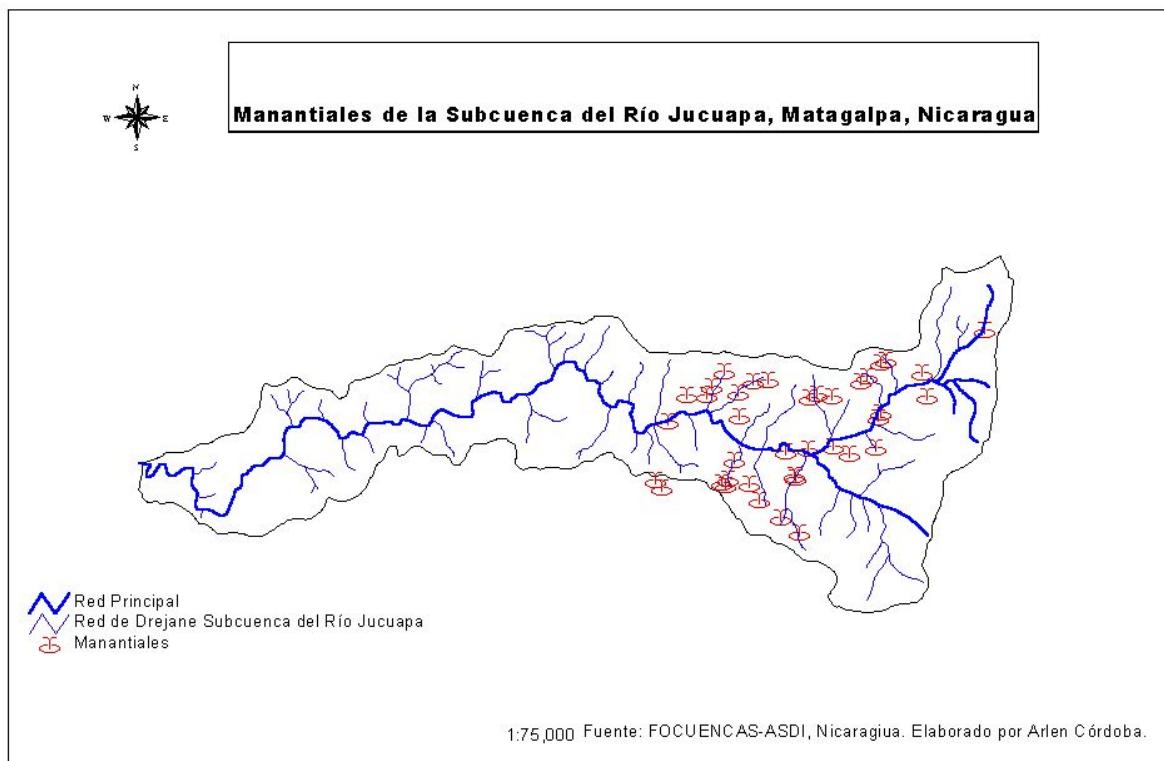
A todas las encuestas se les corrió el programa de SAS para observar las frecuencias y trabajar con los porcentajes.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este acápite se describen y analizan por cada objetivo los resultados obtenidos en la investigación.

4.1 Caracterización de los Manantiales

Se define como manantial a un punto localizado en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea que aparece en la superficie en forma de corriente. El rendimiento de los manantiales es variable y en muchos casos el agua está sujeta a contaminación (INAA, 2001). Con un reconocimiento por toda la Subcuenca se localizaron y caracterizaron aquellos manantiales presentes en la zona. Se identificaron un total de 38 manantiales (mapa 3), la gran mayoría de ellos se encuentran en propiedades privadas y son utilizados por los dueños para diversas actividades.



Mapa 3. Manantiales localizados en la Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua

Es muy importante destacar que la mayoría de estos manantiales fueron localizados en la parte alta de la microcuenca (comunidades de El Ocotal y Las Mercedes), incluso en el límite de la Subcuenca, específicamente en la Hacienda La Pintada, que como la mayoría de las fincas situadas en el parte aguas de la cuenca utilizan los manantiales para el beneficiado de café. En general la parte alta de la Subcuenca está mejor conservada, hay más vegetación con respecto a la parte media y baja, lo que en cierta manera ayuda a la conservación de estas fuentes de agua, de igual forma los pobladores propician la conservación de las fuentes de agua, por que constituyen una alternativa para sus actividades productivas ya que la mayoría de ellos cuentan con proyectos de agua potable.

Usos más importantes:

Agua para consumo: Para los dueños de fincas, tener un manantial en su propiedad puede significar la solución de muchos de sus problemas, ya que éstos son utilizados para abastecer de agua a pequeñas familias que no cuentan con agua proveniente de los

proyectos realizados por CARE años atrás (p.j: 5 casas con 17 personas aprox.), de igual forma estos manantiales son utilizados en época seca donde el agua proveniente de los proyectos de agua potable es racionada ya que baja el nivel de éstos, es allí donde el manantial se convierte en un recurso de gran valor para la familia. Otros manantiales han sido donados a la comunidad para los proyectos de agua de consumo.

Agua para la parcela: Muchos de los manantiales son utilizados para la realización de las actividades productivas es decir: regar las hortalizas y para pequeños despulpadores artesanales de café, donde los productores transportan el agua por gravedad a través de tubos, canales o mangueras hasta los lugares de la cosecha, de esta manera ellos pueden obtener productos en la época de verano, lo que les permite tener siempre ingresos familiares. En las parcelas donde hay pequeñas áreas de café, el manantial es utilizado para el proceso de despulpado y lavado del grano.

Usos Domésticos: Otro uso muy común en la mayoría de los manantiales es la utilización de éstos para lavar ropa y dar de tomar agua a los animales.

Sin uso: Otros se encuentran sin ningún uso por encontrarse en caminos, estos manantiales no cuentan con ninguna protección y muchas veces se encuentran aflorando por una piedra o un tallo de árbol. En el anexo 5, se identifican los usos arriba descritos.

Manantiales utilizados para proyectos de agua potable

Muchos de los manantiales han sido donados por sus dueños a la comunidad para los proyectos de agua potables realizados CARE en años anteriores. De los 38 manantiales identificados 5 abastecen de agua a las comunidades de El Ocotal, Las Mercedes I y II, El Ocote, Jucuapa Centro y Jucuapa Occidental, todos cuentan con revestimiento de concreto en el lugar de captación, una red de distribución formado por tuberías que llevan el agua por gravedad a la comunidad, en muchas de ellas el agua llega hasta cada casa como en El Ocotal y Las Mercedes, en otras existen diferentes puestos de agua donde la población llega a buscar el vital líquido. En cada comunidad se ha conformado un comité de agua, que se encarga de lavar las pilas de las captaciones, clorar el agua y cobrar un precio simbólico de 5 C\$ (aproximadamente \$ 0.35) por este servicio mensual, dinero que utilizan para los instrumentos. En algunas comunidades, dichos Comités de Agua se encuentran bien organizados y sobre todo muy concientes de la necesidad de conservar

las fuentes de agua, esto se nota claramente en las rondas contra fuego que hacen, en el que participa activamente toda la comunidad para evitar que el fuego acabe con el poco recurso que les queda, además de eso contribuyen en la siembra de árboles.

Por cumplir un rol social muy importante se seleccionaron 9 manantiales utilizados para abastecimiento de agua para consumo (Mapa 4), a fin de verificar la calidad de ésta, si se encontraba libre de coliformes fecales, según las normas de calidad de agua de la Norma Regional de Calidad de Agua, Comité Coordinador Regional de Instituciones del Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE) 1994, son presuntos *E. coli* las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44 ó 44.5 °C con producción de gas. Se realizaron dos muestreos en coordinación y con el apoyo del Ministerio de Salud (MINS) y Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de Acueductos Rurales (ENACAL-GAR), estos muestreos se realizaron en los meses de abril y mayo del año en curso , 5 de ellos se realizaron en mini-acueductos por gravedad (MAR), (captaciones) y los cuatro restantes en pozos excavados.



Mapa 4. Puntos de muestreo en fuentes de abastecimiento e agua potable, Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa.

En cada uno de los lugares se hizo un formato-encuesta, utilizado por ENACAL-GAR para determinar los riesgos de contaminación presentes en las fuentes de agua para consumo humano, donde se analizan los riesgos de contaminación en todos los componentes del sistema, se tomaron las muestras y se evaluaron en los laboratorios del ENACAL y del MINSA. También se midió el cloro residual, demostrándose que las fuentes de agua no están siendo cloradas por los encargados del mantenimiento. Los resultados de los análisis pueden observarse en el cuadro 5 , donde claramente se nota en los dos muestreos que el pozo ubicado en el sector Los Sánchez, en Jucuapa Abajo, presenta 3 y 2 Colonias fecales en 100 ml de agua, este resultado es de esperarse ya que el pozo no tiene las mínimas condiciones de salubridad, sumado a esto, Jucuapa Abajo es una comunidad con altos índices de pobreza, la población es apática a los proyectos de desarrollo social que se realizan en la zona, es una de las zonas con mayores problemas de agua, a pesar de contar con el único centro de salud de la microcuenca, esta comunidad presenta condiciones de vida paupérrimas, diferencia que se ve muy marcada con el resto de las comunidades.

Cuadro 5. Resultados de *E. coli*, en las fuentes de abastecimiento de agua potable en la subcuenca del río Jucuapa

No.	Tipo de estructura	Comunidad	Re.1-CF/100 ml de agua	Re.2-C F/100ml de agua	⁴ Riesgo de Contaminación
1	MAG ⁵	Limixto	0	0	6
2	Pozo	Jucuapa Abajo, sector Gómez	0	0	2,3,5,6
3	Pozo	Jucuapa abajo, sector Los Sánchez	3	2	
4	Pozo	Jucuapa Abajo, Centro de Salud	0	0	
5	Pozo	Jucuapa Centro, Brigadista	0	0	
6	MAG	Jucuapa Centro, Puesto Público	0	0	
7	MAG	El Ocotál	0	0	
8	MAG	Las Mercedes	0	0	
9	MAG	Las Mercedes, Puesto Público	0	0	

Fuente. Análisis de coliformes fecales, realizados en la Subcuenca del Río Jucuapa

Los riesgos de contaminación que muestra el cuadro 5 se refieren a la información levantada en campo a través de un formato de encuesta sanitaria facilitada por ENACALGAR y donde se evalúan las características de cada una de las fuentes de abastecimiento, estos riesgos se describen en el anexo 6. En los resultados anteriores podemos observar que en las comunidades de Jucuapa Abajo no funcionan los Comités de Agua, no hay una vigilancia continua de las autoridades de salud, ya que aún sabiendo los resultados no se tomaron las medidas pertinentes para atacar el problema en el segundo muestreo. Esta falta de vigilancia también se refleja en la calidad del agua para tomar, ya que los análisis de cloro residual realizados en todos los puntos de muestreo no demuestran la presencia de cloro en el agua, lo que representa un riesgo alto para la salud de la población.

⁴ Puntaje del riesgo de contaminación: 9-11 Muy Alto, 6-8 Alto, 3-5 Intermedio, 0-2 Bajo

⁵ MAG: Miniacueducto por Gravedad

4.1.2 Presencia Institucional

Cuando se realizaron los proyectos de agua potable por parte del CARE, también se aseguró de capacitar a un grupo de pobladores que se encargarían en el futuro de darle mantenimiento adecuado a las captaciones, se formaron así los Comités de Agua, encargados del mantenimiento de estos manantiales.

4.1.3 Protección de los manantiales y Riesgos de contaminación

Uno de los aspectos importantes de la caracterización de estos manantiales es la protección con que cuentan, en la mayoría de los casos están protegidos de forma muy rudimentaria, esto depende de los recursos y creatividad del productor, así encontramos manantiales protegidos con una barrera de piedra, o con un revestimiento de concreto formando pilas, otros con algunas barreras vivas o cubiertos con plástico, los menos protegidos estaban rodeados de hierbas.

Se pueden considerar a muchos de ellos en riesgo de contaminación, porque además de no contar con la protección adecuada, están situados en las áreas de cultivos, donde prevalece el uso irracional de agroquímicos en pequeñas parcelas que muchas veces no cuentan con prácticas de conservación del suelo que eviten la escorrentía. Otro aspecto muy relevante es el impacto que puede causar el lavado de ropa y por tanto los detergentes utilizados, la mayoría de los manantiales usados para este fin tienen revestimiento de concreto, pero las mujeres lavan la ropa en el propio manantial donde quedan los residuos del jabón que utilizan.

A fin de evaluar el riesgo de contaminación que presentan los manantiales se analizaron algunas variables consideradas de mayor impacto en las fuentes de agua que se describen a continuación:

Cuadro 6. Variables consideradas como alto potencial contaminante.

Variable	Peso (impacto)
Uso actual de la tierra	40%
Uso del Manantial	30%
Pendiente	20 %
Protección o estado del manantial	10 %
Total	100 %

A cada una de las variables del cuadro 6 se les asignó un peso o puntajes del valor total para sumar 100 %, de tal manera que la de mayor impacto tuviera el mayor puntaje. También se partió de la hipótesis de que los pozos están influenciados por las actividades antrópicas en un área de influencia de 150 m de radio. Basado en este criterio a cada manantial se le realizaron radios de acción. De igual forma a las variables se les adjudicó una calificación de 1 a 9 que corresponde a los valores de contaminación, así el 1 es el valor mejor o bien con un bajo riesgo de contaminación y el 9 es el valor con el riesgo de contaminación más alto y se desglosaron de la siguiente manera en los cuadros 7 y 8:

Cuadro 7. Rangos de contaminación

Riesgo (calificación)	Peligrosidad
1 – 3	Baja
4– 6	Media
7 – 9	Alto

Cuadro 8. Calificación y codificación de las variables

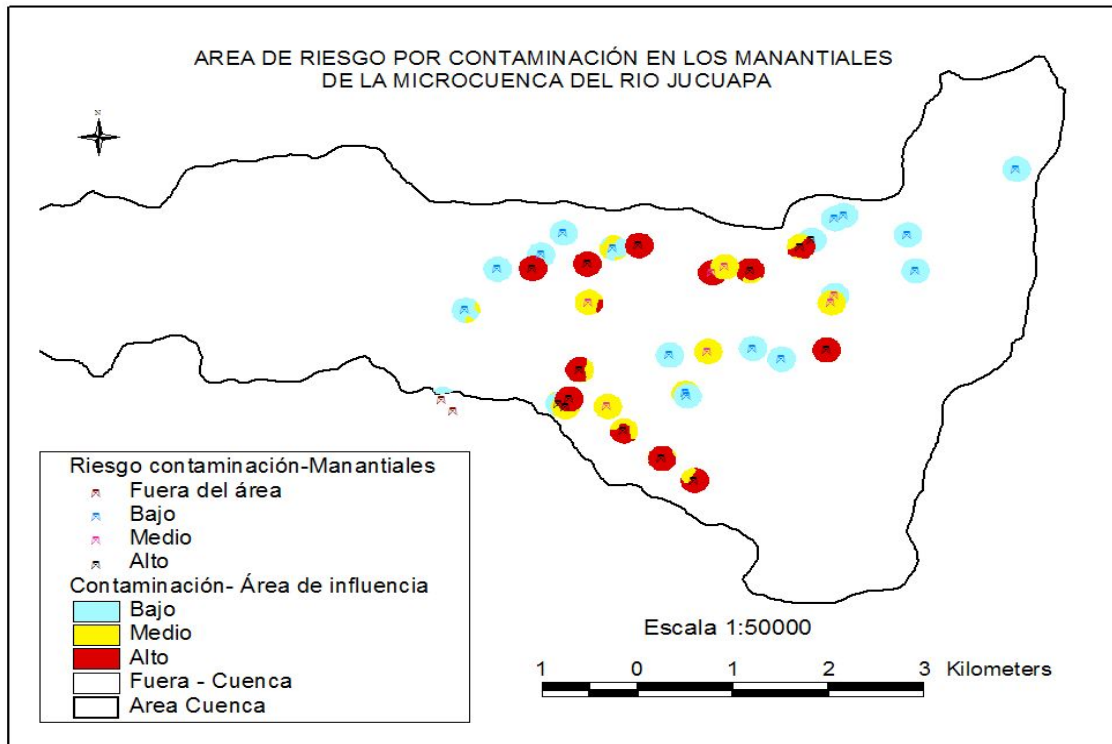
Variable	Código ⁶	Calificación del 1 al 9
Uso actual:		
Cultivo del café	Sin código	9
Cultivos anuales		7
Pastos		3
Bosque		1
Uso del manantial:		
Doméstico	1	7
Pecuario	2	5
Riego	3	3
Múltiple uso	4	9
Sin uso	5	1
Pendiente:	Sin código	
Fuerte		9
Moderada		5
Suave		1
⁷ Sin Protección	Sin código	9
Con protección		1

Los resultados de este análisis se muestran en el mapa 4 donde se puede observar que de los 38 manantiales 15 son considerados de bajo riesgo, que corresponden al 39.47 %, 7 manantiales, es decir el 18.42 % se ubican en el nivel medio de riesgo de contaminación, finalmente, 14 de ellos, el 36.84 % están considerados como de alto riesgo, es decir en estos manantiales las variables interactúan más fuertemente. Se

⁶ La codificación solamente se empleo para los usos que se le dan a los manantiales, por tener éstos varios usos al mismo tiempo, este código se le asignó a fin de procesarlos de una mejor manera en SIG.

⁷ Se refiere a la protección del manantial, al mantenimiento, prácticas de conservación, etc.

observa la tendencia en ciertos manantiales de pasar de bajo a medio riesgo y de mediano a alto riesgo, al darse traslapos entre ellos, esto nos indica que existe un proceso sistemático de contaminación, que en el corto y mediano plazo provocaran cambios drásticos en la calidad del agua de los manantiales, con consecuencias ampliamente conocidas.



Mapa 5. Riesgo de contaminación de los Manantiales en la Subcuenca del Río Jucuapa

Estos resultados se fundamentan en las calificaciones y pesos asignados a cada una de las variables, éstas por si solas no son indicadores de los niveles de contaminación, sin embargo la interrelación entre ellas si son factores que nos definen los riesgos potenciales que puede presentar un manantial.

De igual forma es importante hacer notar que a pesar de que interactúan muchas variables, si los manantiales están adecuadamente protegidos (con estructuras de concretos y con prácticas de conservación de suelo) el nivel de riesgo de contaminación disminuye, esto lo vemos en algunos manantiales de la parte alta que a pesar de estar rodeados de cultivos como café y pastos se muestran con bajo riesgo, esto se debe a que no tienen ningún uso .

4.2 Factores, niveles y agentes de contaminación en los cuerpos de agua de la microcuenca del río Jucuapa.

En este objetivo se analizó la calidad del agua por medio de indicadores físico-químicos en diferentes afluentes que alimentan el Río Jucuapa, se eligieron fuentes puntuales de contaminación, en este caso 3 afluentes del Río Jucuapa ubicados en las Haciendas cafetaleras de la parte alta de Subcuenca: La Pintada, Santa Josefina y Los Angeles, que además de contar con beneficios de café tienen pequeños asentamientos humanos. Por ser el café el cultivo más importante y de mayor extensión en ellas, se eligieron variables físico-químicas para evaluar el impacto de esta actividad en el Río Jucuapa. Los otros puntos, se ubicaron aguas abajo de estas haciendas para analizar el comportamiento de los contaminantes. Complementario a esto se hizo un análisis hidroquímico del agua de la Subcuenca y una caracterización de las fincas, con el fin de identificar las actividades que se realizan en cada una de ellas, la disposición de los desechos y los impactos que todas estas actividades tienen en el Río Jucuapa. A continuación se presentan los principales resultados sobre la calidad físico-química de las aguas en función de los usos actuales de cada uno de los puntos de muestreo.

4.2.1 Resultados Físico-Químicos del agua del Río Jucuapa.

Punto 1, Hacienda Los Angeles: Esta hacienda se encuentra localizada en el parte aguas o divisoria de aguas de la Subcuenca, por tal razón es una de las haciendas en donde nace el Río Jucuapa, con numerosos manantiales que son utilizados para las actividades más importantes de la finca como el procesamiento del café, tiene una extensión de 105 h, donde el cultivo predominante es el café, en dicha hacienda se realiza el despulpado y el lavado del grano, también hay granos básicos. En esta temporada se procesaron entre 50 a 60 tn de café, parte de los desechos que genera actividad del beneficiado del café son utilizados como abono y el resto son lanzados al río, el agua no recibe ningún tratamiento antes de ser lanzada por los altos costos que esto implica. Esta es una de las haciendas que se considera causan impactos en la calidad del agua del río aguas abajo, por la carga de contaminación que arrojan al río en tiempos de cosecha, por tal razón fue elegida como una fuente de contaminación puntual en este estudio. Es importante mencionar que en dicha hacienda vive un número considerable de personas que trabajan especialmente en la época de cosecha cafetalera y parte del año, por tal razón hay un pequeño asentamiento en la hacienda. Con el fin de comparar se eligieron dos puntos en la hacienda uno antes de la descargas de contaminación (1a) y

otro después de la descarga de contaminación o beneficio de café (1d), los resultados de los análisis físico-químicos se discuten a continuación en función de las principales actividades contaminantes que se realizan en la finca.

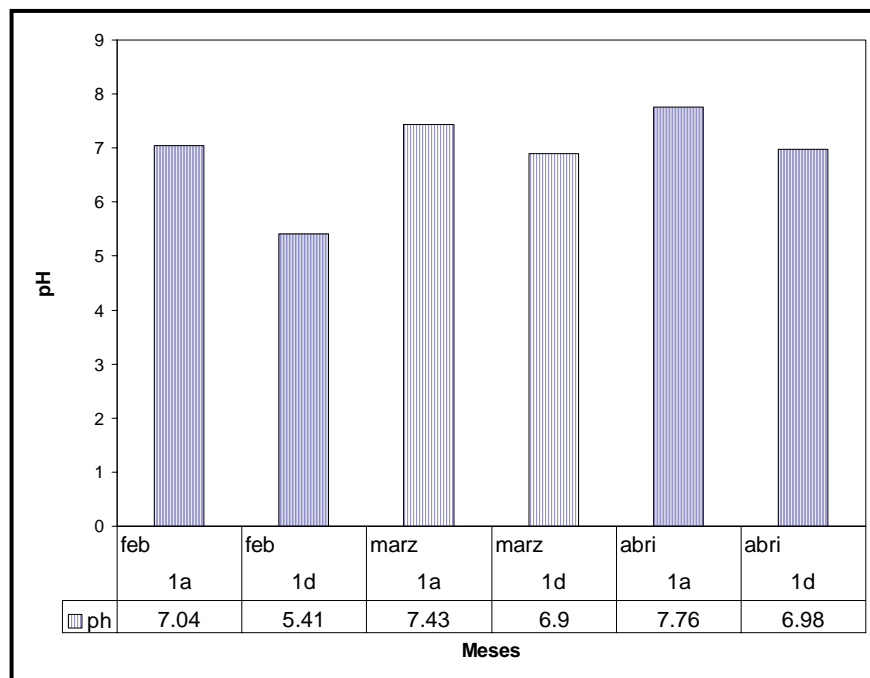


Figura 1. Comportamiento del pH, Hacienda Los Angeles

El pH es el término usado para medir la intensidad de acidez o alcalinidad en una solución, se expresa en la concentración de los iones de hidrógeno y se representa en una escala de 0 a 14, donde los valores de pH 7 son considerados neutros; cuando hay un aumento de las condiciones ácidas los valores del pH disminuyen y un aumento de las condiciones alcalinas los valores de pH aumentan (Sawyer *et al.*1994). En las aguas naturales los valores de pH pueden oscilar entre 4 (agua de lluvia) y 9 en dependencia del sustrato con el cual las aguas entren en contacto. (McNeely *et al.* 1984). En la figura 1, observamos que durante los tres meses de muestreo, se observa en los meses de febrero en el punto 1a (antes de la descarga de contaminación) valores de 7.04 que corresponden a un pH ligeramente alcalino, a diferencia de este punto en el 1d (después de la descarga de contaminación) el pH disminuye a 5.41 volviéndose ácido, este comportamiento se debe a que en ese mes aún está la finalización de la cosecha cafetalera, en los meses de marzo y abril para el mismo punto se observa un leve aumento (6.9 y 6.98 respectivamente), volviéndose ligeramente ácido, que se debe a una disminución y finalización para esa fecha en la cosecha. En los puntos antes de la

descarga para los mismos meses (7.43 y 7.76), se observa siempre el comportamiento ligeramente alcalino o básico. Por los comportamientos antes analizados concluimos que las actividades relacionadas con el café son las responsables de los cambios de pH. Al respecto Ayuda en Acción, 1999; señala que los componentes orgánicos (azúcares y proteínas del agua residual provocan la fermentación y la acidez de las aguas. Según la Disposición para el Control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias de la República de Nicaragua en su Art 38. los rangos y límites máximos permisibles de pH deben de estar entre 6.5 – 9, los valores que encontramos en el punto 1d (después de la descarga), son de 5.41, es decir están muy por debajo de los límites, por tal razón existe contaminación causada por la pulpa y aguas mieles del café, aunque no se tienen mediciones de caudal, pero con lo observado podemos afirmar que las descargas son mayores que éste por lo tanto los impactos serán mayores aguas abajo en las épocas de cosecha ya que esta agua no pueden ser utilizadas para ninguno de los usos actuales.

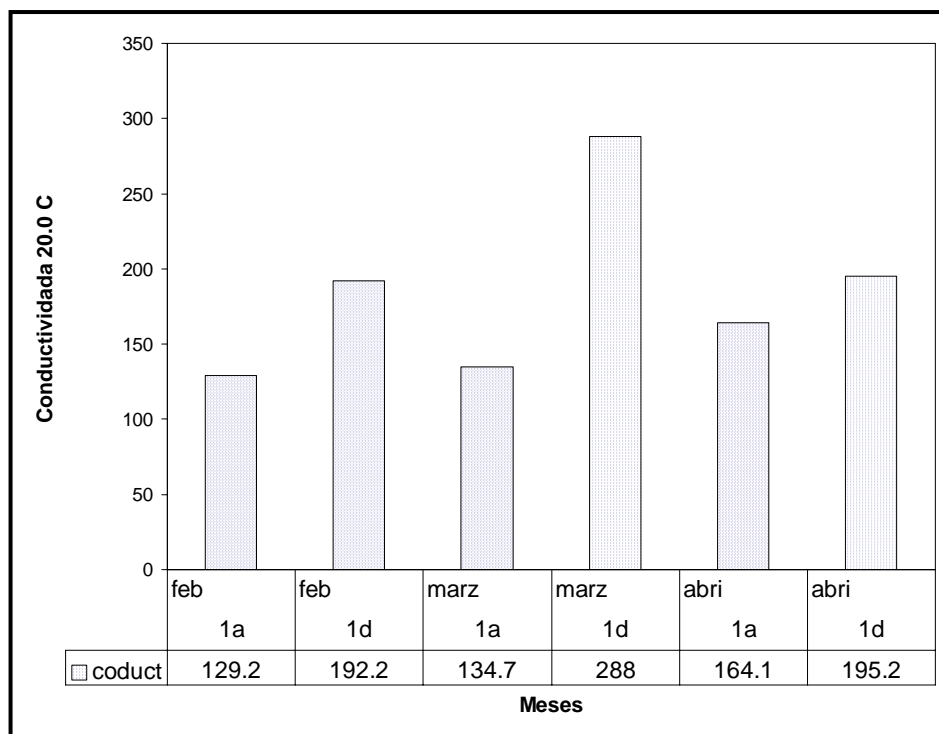


Figura 2. Comportamiento Conductividad Eléctrica, Hacienda Los Angeles

La conductividad eléctrica, esta estrechamente ligada a la concentración de sustancias disueltas y a su naturaleza. Las sales minerales son en general buenas conductoras y las materias orgánicas y coloidales tienen escasa conductividad. (Seoáñez 1999). Los

valores de la conductividad en las aguas naturales superficiales se encuentran en un ámbito entre 50 y 1500 microsiemens/cm (Mc Neely *et al.* 1984) . El aumento de la conductividad en el agua superficial ocurre como producto de las descargas de los compuestos iónicos. En la figura 2, observamos los mayores valores de la conductividad en los puntos 1d (después de la descarga de contaminación), para todos los meses, 192.2,288,195.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como podemos observar los valores se encuentran en el ámbito normal. Siendo el proceso de beneficiado de café y la producción de granos básicos las principales actividades de la Hacienda, se puede suponer que las actividades agrícolas o las actividades domésticas de los trabajadores que radican en el lugar son los responsables de los valores de los puntos 1d, dado que es difícil atribuir este aumento al proceso de beneficiado de café, ya que esta actividad contiene pocos compuestos inorgánicos, por tal razón es muy probable que las actividades antrópicas sean las responsables de estos aumentos en la conductividad eléctrica, aún así los valores de la conductividad se hallan en el ámbito normal por lo tanto este impacto no es considerable, a pesar de esto es importante considerar este comportamiento por los impactos a largo plazo que puede causar.

Los sólidos sedimentables se depositan en el fondo debido a la acción de la gravedad, los valores normales de estos sólidos en aguas naturales oscilan entre 0 y 100 mg/L para las aguas no salinas. Es importante señalar que en la parte alta de la hacienda existe abundante vegetación, ya que el cultivo de café es con sombra, por tal razón la actividad que puede influir en el aumento de los sólidos sedimentables es el café, porque el tipo de beneficiado de la hacienda es muy tradicional y no cuenta con la tecnología para este fin, lanzando los desechos de una vez al río. Sin embargo, en la figura 3, observamos que donde hay un aumento de los sólidos es en el mes de febrero en el punto 1d (después de la descarga de contaminación) en los tres meses del muestreo que coincide con el final de corte de la cosecha, claramente observamos la presencia de los sólidos en esta temporada que son arrojados directamente al río. Al comparar estos valores con los valores de las aguas naturales observamos que se encuentran en el ámbito para aguas no salinas, sin embargo las Disposición para el control de la Contaminación provenientes de las descargas de aguas industriales, de la República de Nicaragua, establecen para los sólidos sedimentables el valor de 1.0 (mg/L), como límite permisible, en el punto 1 d, de los meses de febrero y abril estos valores sobrepasan los límites. Los efectos de las altas concentraciones de sólidos disueltos y totales ocasiona una baja en la calidad del

agua y problemas de balance del agua para algunos organismos individuales, además reduce la claridad del agua y al mismo tiempo la actividad fotosintética. Los impactos de esta actividad o aumento en este parámetro se agrava aguas abajo ya que ésta es utilizada por los pobladores que no cuentan con servicio de agua para consumo humano, al mismo tiempo esta agua no se puede utilizar para la irrigación.

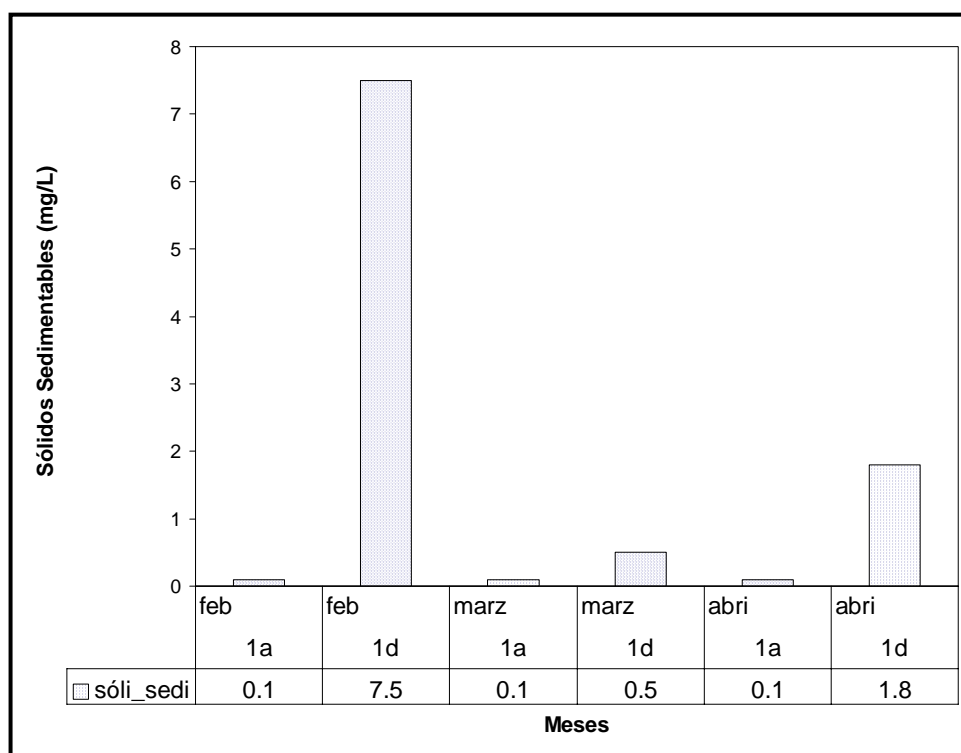


Figura 3. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables, Hacienda Los Angeles

La presencia de oxígeno en el agua es una señal positiva, ya que nos indica que no hay presencia de contaminación, uno de los factores principales que contribuye a los cambios en los niveles de oxígeno es la acumulación de desperdicios orgánicos. (Mitchell, 1991). Los valores típicos de oxígeno disuelto dependen fundamentalmente de la temperatura, de la presión atmosférica y el contenido salino de las aguas, para las aguas naturales los valores típicos oscilan 15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C a nivel del mar (McNeely, 1984). Los valores de la figura 4 nos muestra el comportamiento del oxígeno disuelto, el mes de febrero el punto 1d más bajo de oxígeno en relación al mes de marzo y al de abril donde

se da un aumento de oxígeno considerable, lo que podemos atribuir a la presencia o consumo de oxígeno por parte de las materias orgánicas contaminantes producidas por los desechos del café. Es importante hacer notar que el mes de abril (punto 1a) no tiene valor debido a que la muestra fue contaminada en campo.

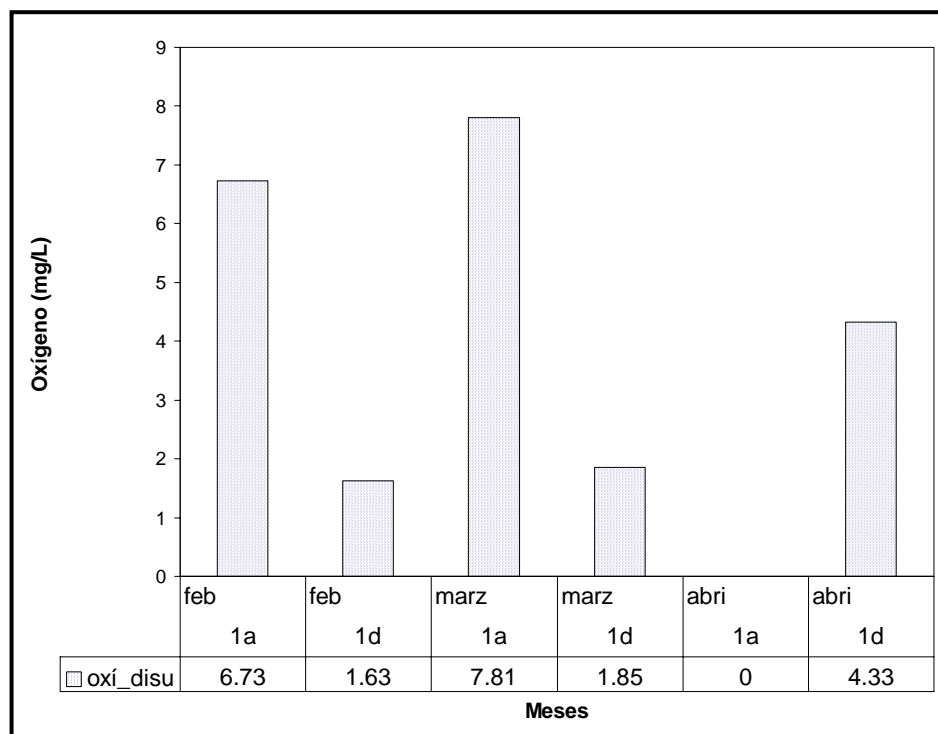


Figura 4. Comportamiento del Oxígeno, Hacienda Los Angeles

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno requerido para que las bacterias establezcan la descomposición de la materia orgánica (Sawyer, *et al.* 1994). Las aguas naturales con valores menores de 4 mg/L se consideran razonablemente limpias, si los valores superan 10 mg/L las aguas están contaminadas con materia orgánica (McNeely, 1984). Observamos en la figura 5 los valores más altos de DBO en el mes de febrero 213.82 mg/L, esto nos demuestra la evidencia de contaminación orgánica alta para el punto en febrero, ya que se sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en las Disposiciones para el control de la República de Nicaragua, donde el valor es de 120 (mg/L). En el mes de marzo ya hay una disminución de DBO, sin embargo si se compara con los valores normales de las aguas superficiales y este valor sigue siendo mayor (84.88 mg/L). Este impacto da como resultado, además de los cambios en la vida acuática, imposibilita el uso de este recurso aguas abajo.

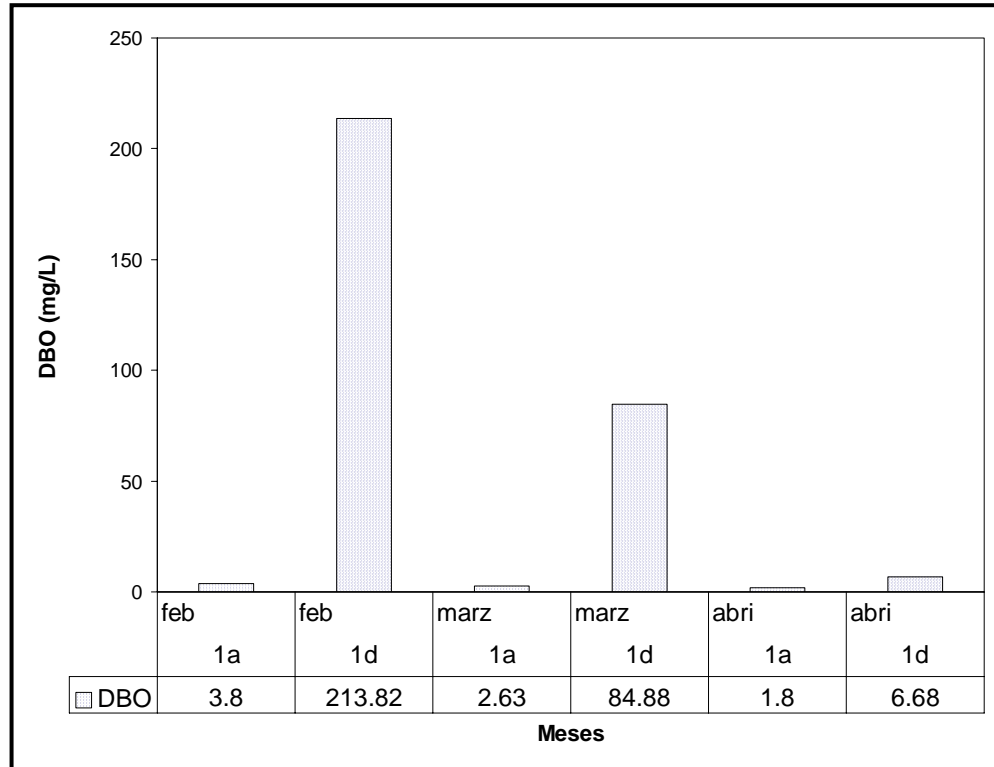


Figura 5. Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno, Hacienda Los Angeles

La Demanda Química de Oxígeno es una medida similar al la Demanda Bioquímica de oxígeno, ambas expresan la cantidad de materia orgánica y están basadas en la determinación cantidad de oxígeno. No se dan pautas para los valores de este parámetro en aguas naturales sin embargo pueden inferirse de los valores de la DBO. (McNeely, 1984). Diversos estudios establecen relaciones entre ambos estas dependen de la composición del agua residual, para las aguas residuales frescas hay una relación aproximada de DQO/DBO entre 2 a 2.5, otros autores en diferentes estudios de beneficios húmedos de café en Costa Rica, indican relaciones de DQO/DBO de 1.5 a 2 y de 1.3 a 1.5 en otros. (Ayuda en Acción, 1999). La demanda química de oxígeno indica la contaminación orgánica de origen sintético o no biodegradable⁸. En la figura 6, se observan los comportamientos más altos de DQO para el mes de febrero en el punto 1d (213.82 mg/L), este valor sobrepasa los límites máximos permisibles de la Disposición (200 mg/L), en el mes de abril el valor en este punto baja un poco (142.42mg/L). UNICAFE, 2001. Señala que por cada quintal procesado en el beneficio húmedo se

⁸ Rodríguez, A.2002. Indicadores físico-químicos del agua (entrevista). San José, CR, Universidad de Costa Rica

generan aproximadamente 6 kg de DQO/ 45kg oro a través de las aguas mieles y unas 20 kg de DQO por quintal oro por la pulpa, lo que sumado equivale a 26 kg de DQO por 45 kg /oro. Si hacemos la misma relación con la producción de esta temporada en esta hacienda, comprendida entre los meses de noviembre 2001 a finales de abril 2002, que es de un promedio de 55 tn de café, podemos concluir que se lanzaron 3190 mg/L de DQO en toda la temporada, si este valor lo comparamos con los límites máximos permisibles establecidos en las Disposiciones para el Control de la Contaminación, observamos que es un valor que lo sobrepasa, por tal razón podemos concluir que hay fuerte contaminación no biodegradable en estos meses producto de los desechos de las aguas mieles, que son las que aportan los mayores DQO, si el caudal de descarga es constante.

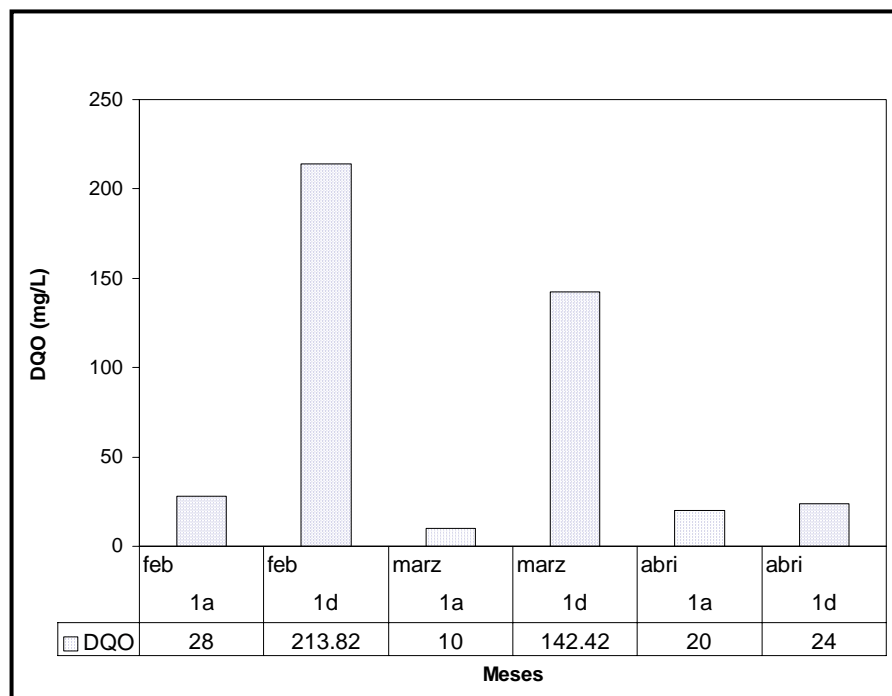


Fig. 6 Comportamiento Demanda Química de Oxígeno, Hacienda Los Angeles

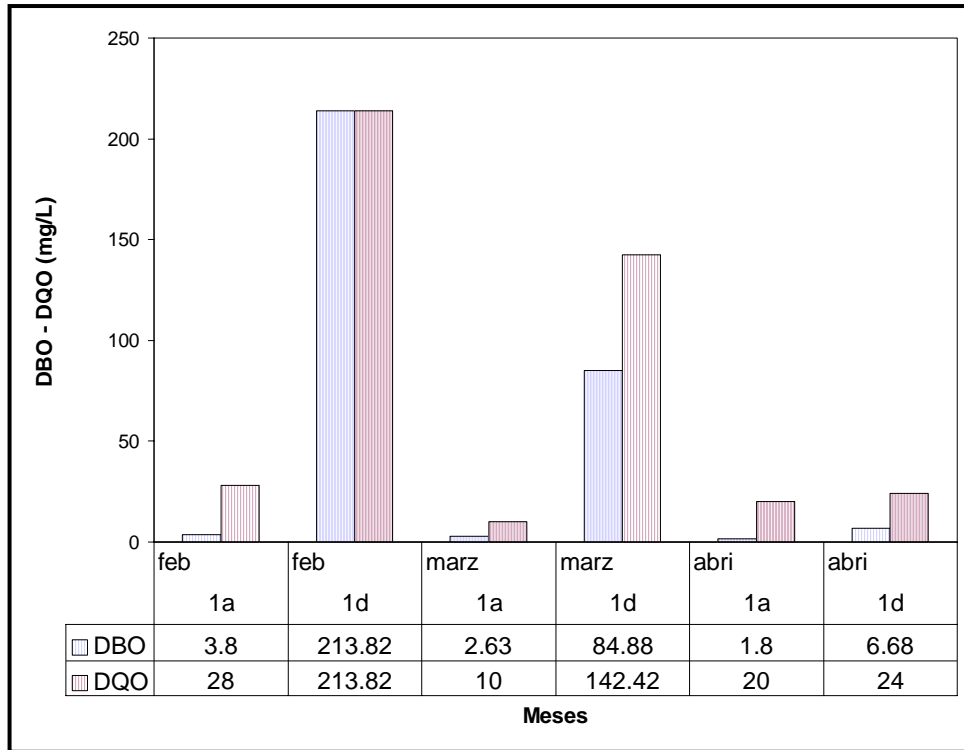


Figura 7. Relación entre DBO vs DQO, Hacienda Los Angeles

En la figura 7 observamos la relación entre el DBO Y DQO, en la Hacienda Josefina, donde nuevamente el punto 1d tiene valores que sobrepasan los valores naturales (10mg/L) y los límites máximos permisibles establecidos (200 mg/L), en este mes observamos una fuerte carga de contaminación, entiéndase por carga de contaminante la cantidad de contaminación descargada a un cuerpo receptor expresada en unidades de DQO Y DBO /día (ayuda en acción, 1999), esta carga se debe principalmente a la pulpa del café, que por su composición química sufre un proceso de fermentación por lo general en condiciones aeróbicas y se manifiesta como sólidos suspendido y material orgánico, aportando una carga contaminante de 20 kg de DQO por qq oro de café producido, otro factor a tomar en cuenta son las aguas mieles del café que es la que causa mayor impacto pues se generan dos tipos de agua, agua del despulpado y del lavado que en promedio producen 3 lb de DQO por m³ de agua (Ayuda en Acción,1999). En el mes de marzo observamos que el valor de la DQO (142.42 mg/L), es más alto que la DBO (84.88 mg/L), que aunque se encuentran en los valores límites permisibles, si los comparamos con los valores de las aguas naturales se encuentran por encima de ellos, en este mes hay una fuerte contaminación con materia no biodegradable. En el próximo mes los valores disminuyen aunque siempre observamos la presencia de estos materiales no biodegradables o de lenta degradación.

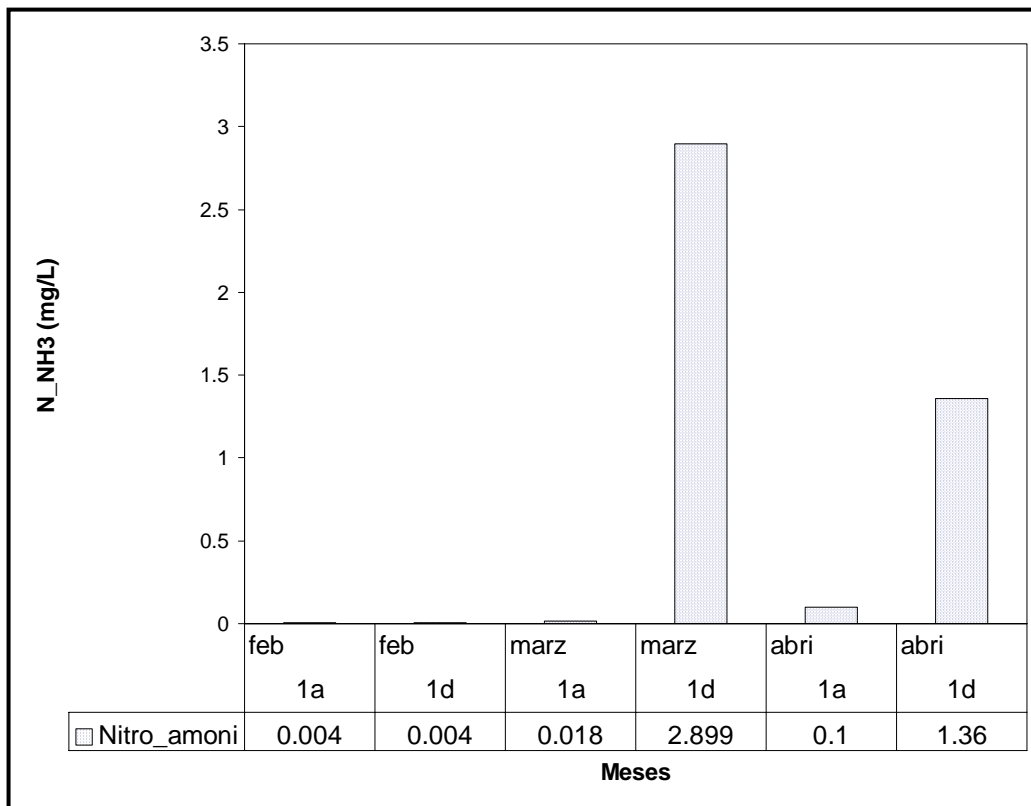


Figura 8. Comportamiento Nitrógeno Amoniacal, Hacienda Los Angeles

El nitrógeno amoniacal también es un indicador de contaminación orgánica (Seoánez, 1999). Las aguas naturales raramente contienen más de 0.1 mg/L, valores mayores son un indicador de contaminación por actividades humanas. Este tipo de contaminación en el agua indica la presencia de sales de amonio o de la descomposición de las proteínas. En la figura 8, observamos que los valores más altos se presentan en los meses de marzo y abril para los puntos 1d (2.09 mg/L y 1.06 mg/L, respectivamente), si estos valores los comparamos con los valores de las aguas naturales observamos que son mayores, lo que nos indica la presencia de materia orgánica reciente, dado que en esas fechas la cosecha cafetalera ya ha pasado podemos atribuir esos aumentos de nitrógeno amoniacal a las excretas de la población que vive en la hacienda, es muy probable que no cuenten con sistemas de tratamientos ni pozas sépticas, por tal razón el destino final es el río, también las actividades agrícolas (granos básicos) como fertilización pueden ser la causa de estos aumentos.

Punto 2, Hacienda Santa Josefina: Esta Hacienda también forma parte del límite de la Subcuenca, de igual forma que la anterior en ella nacen manantiales en los que sus

corrientes aguas abajo se unen para formar el río Jucuapa. Tiene una extensión de 385 ha, de café con sombra, potreros, huertos y en la parte alta montaña con escasa vegetación pues ha dado lugar a los huertos. A pesar de que ya no se cultiva café como en décadas pasadas donde se procesaban hasta 200 tn, en esta hacienda se realizan el despulpado y lavado del grano de café, los desechos de esta actividad son recepcionados en una pila que luego los deposita en el curso de agua que aguas abajo llega a forma parte del río Jucuapa. El agua que proviene del despulpado y lavado del grano, no recibe ningún tratamiento, porque según los propietarios es poca agua la que vierten al río, en esta temporada (noviembre 2001-febrero 2002), se procesaron 20 tn de café y el agua que utilizan para estas actividades viene de los manantiales ubicados en la propiedad. Es importante destacar que en esta hacienda existen graves problemas en cuanto a la tenencia de la tierra, lo que ha provocado un mal manejo, parte de estas tierras fueron expropiadas por el Gobierno Sandinista en la década de los 80, por esta razón parte de la finca esta en manos de la comunidad y la otra parte en las del propietarios original. Hay muchas áreas desprovistas de vegetación donde los pobladores realizan prácticas agrícolas en la parte alta de la finca donde antes era montaña, ahora son huertos de subsistencia, incluso cerca del manantial que los abastece de agua potable y que ocupa la hacienda para el beneficiado. En el resto de la finca se cultiva café. Al igual que la Hacienda Los Angeles, Santa Josefina fue elegida como punto de muestreo puntual, ya que a pesar de no procesar las mismas cantidades de café de años atrás se consideró una de las que tenía impactos aguas abajo en tiempo de cosecha. Los resultados de los análisis físico-químicos se detallan a continuación y se analizan en función de las actividades productivas que se realizan en toda la Hacienda:

En la figura 9 observamos comportamientos variados del pH en los tres meses y en ambos puntos (1a y 1d), valores que corresponden un pH ligeramente alcalino. Muchos materiales contribuyen a la alcalinidad en agua, la mayor parte del porcentaje de alcalinidad en el agua es causado por 3 tipos principales de materiales que se pueden agrupar según su asociación con los valores altos de pH en: Hidróxidos, carbonatos y Bicarbonatos, sin embargo para la mayoría de los propósitos prácticos la alcalinidad debida a otros materiales puede ser insignificante y hasta ignorada. No es conocido que la alcalinidad en el agua represente riesgos en la salud,(Sawyer, *et al.*1994). Estos resultados nos indican que no hay presencia de sustancias provenientes del beneficiado del café, ni hay impactos negativos.

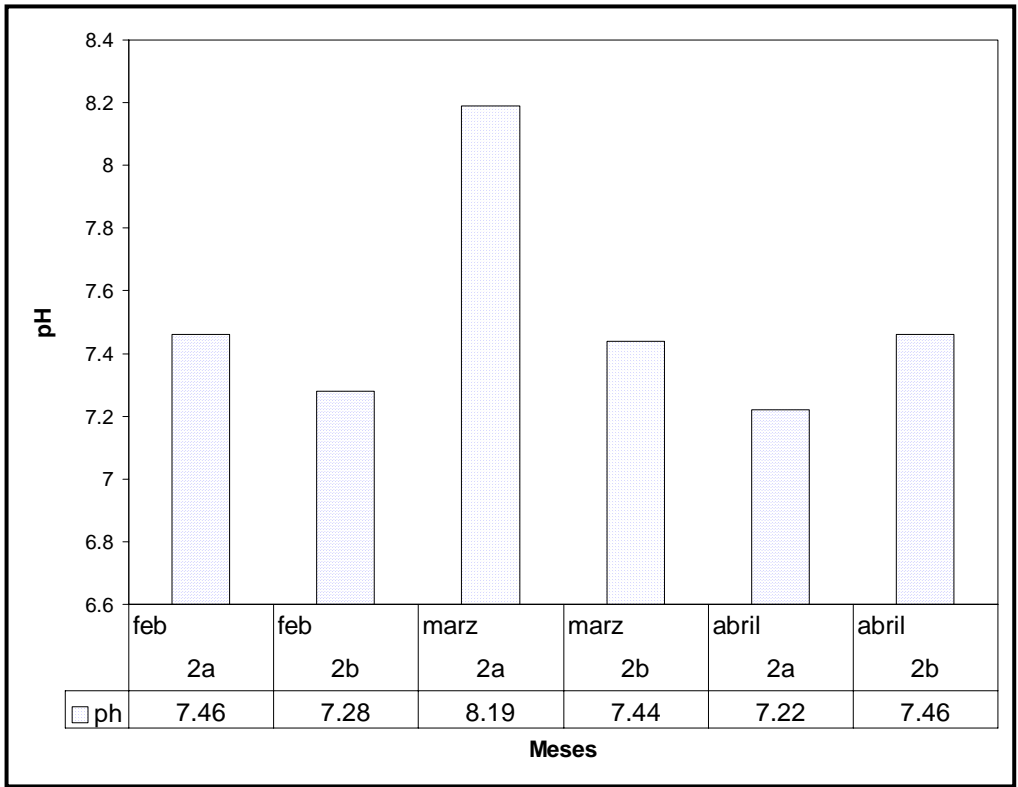


Figura 9. Comportamiento del pH, Hacienda Santa Josefina

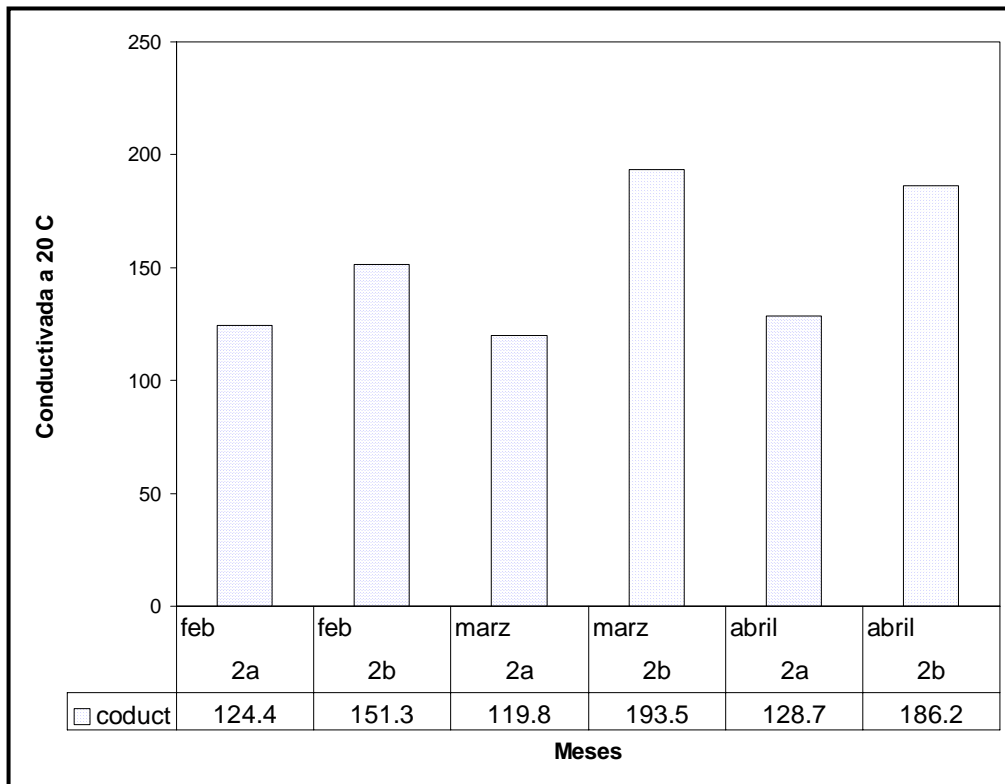


Figura 10. Comportamiento Conductividad Eléctrica, Hacienda Santa Josefina

En la figura 10 observamos un aumento de estos valores de conductividad en los puntos 2d (después de las descargas de contaminantes) para todos los meses. Siendo el café y las actividades agrícolas las principales actividades de esta hacienda se puede suponer que las actividades agrícolas y domésticas son las responsables de estos aumentos ya que contienen compuestos inorgánicos. Si comparamos estos valores con los valores de las aguas naturales, encontramos que se encuentran en el ámbito de estos valores y los impactos de estas actividades antrópicas pueden por ahora considerarse mínimas. Sin embargo, este comportamiento debe de dar la pauta para la realización de acciones correctivas a corto plazo, ya que el aumento de la población en un futuro puede tener fuertes impactos en la calidad de las aguas del Río Jucuapa.

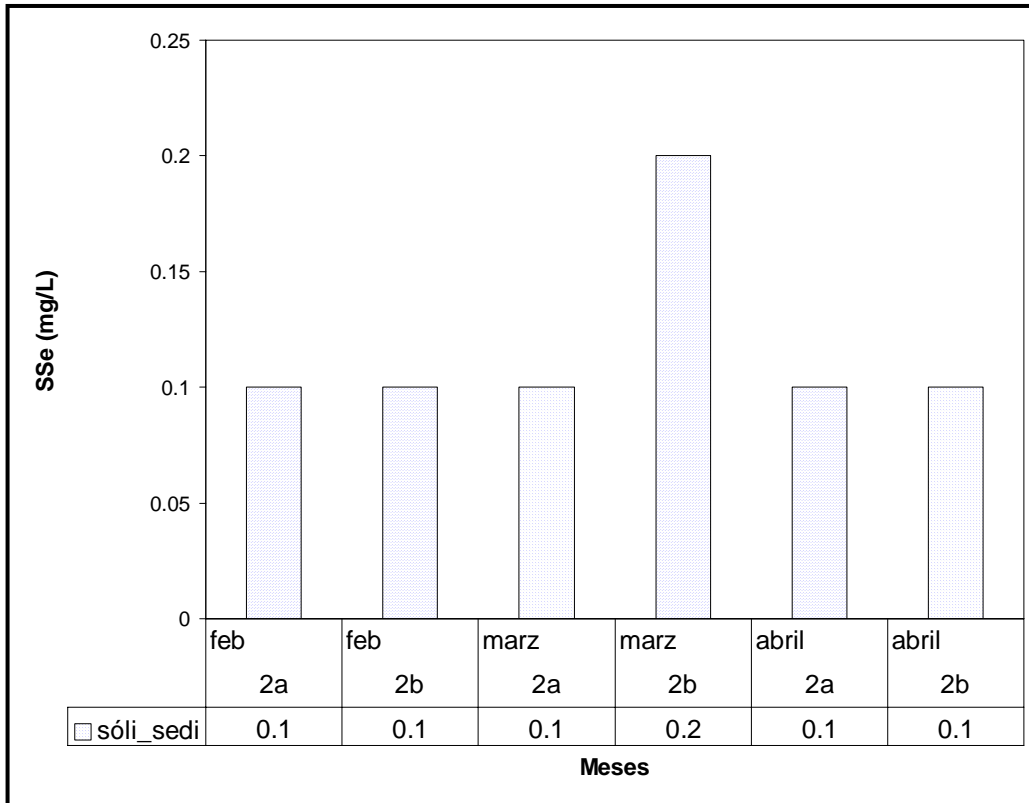


Figura 11. Comportamiento Sólidos Sedimentables, Hacienda Santa Josefina

Las actividades que se realizan en esta zona, discutidas anteriormente son las que pueden aportar un incremento en los sólidos sedimentables, entre ellas se puede mencionar: los cultivos agrícolas o huertos sin protección a esto se suma las considerables pendientes en esa área, deforestación, erosión y la escorrentía en época de lluvia. De igual forma el beneficiado de café puede ser un alto contribuyente de sólidos sedimentables especialmente si éstos no se separan o no hay sistemas de tratamiento. En la figura 11, observamos un aumento de los sólidos en el mes de marzo (0.2 mg/L) en el punto 2 d, luego los comportamientos para el resto de puntos es el mismo (0.1 mg/L), si estos valores los comparamos con los de las aguas naturales, vemos que se encuentran dentro de este ámbito. Las Disposiciones para el control de contaminación de

Nicaragua, establecen como valor máximo permisible 1.0 mg/L de SSe, en la figura el comportamiento de los datos, están por debajo de ese valor. Con los datos anteriores podemos concluir que las actividades que se realizan en la hacienda no están impactando fuertemente la calidad del agua al menos en esta época del año (época seca), existe la necesidad de realizar este tipo de estudio en época de lluvia para analizar el comportamiento de los datos.

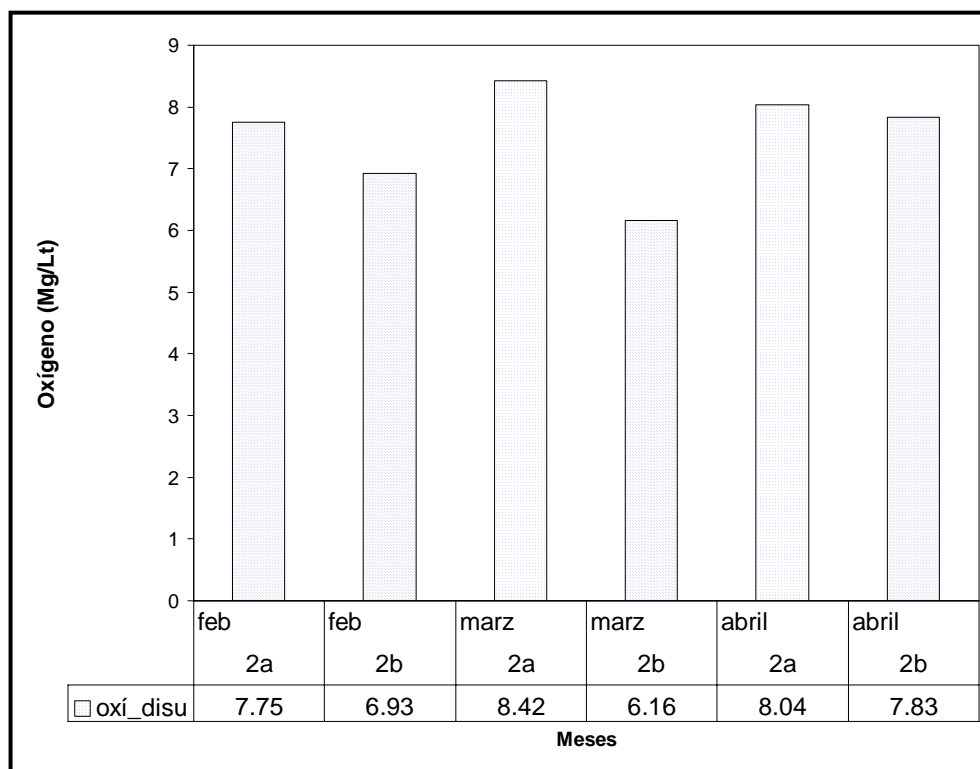


Figura 12. Comportamiento del Oxígeno Disuelto, Hacienda Santa Josefina

En la figura 12, observamos una disminución del oxígeno en los meses de febrero, marzo y abril para los puntos 1b, sin embargo aunque esta disminución de oxígeno obedece a la presencia de materia orgánica, el impacto no disminuye significativamente el oxígeno disuelto hasta el punto de poner en peligro la vida acuática. La temperatura del agua y el volumen del agua corriendo río abajo o su desagüe afectan los niveles de oxígeno disuelto. El desagüe del Río está también relacionado con el clima del área, durante períodos secos, el flujo puede reducirse severamente, estos períodos frecuentemente significan temperaturas de agua más tibias y la combinación actúa para reducir el nivel de oxígeno disuelto en el agua. (Mitchell, 1991). En este muestreo no se tomaron

temperaturas de campo, por falta de equipo, por lo tanto en los próximos estudios hay que considerar este parámetro.

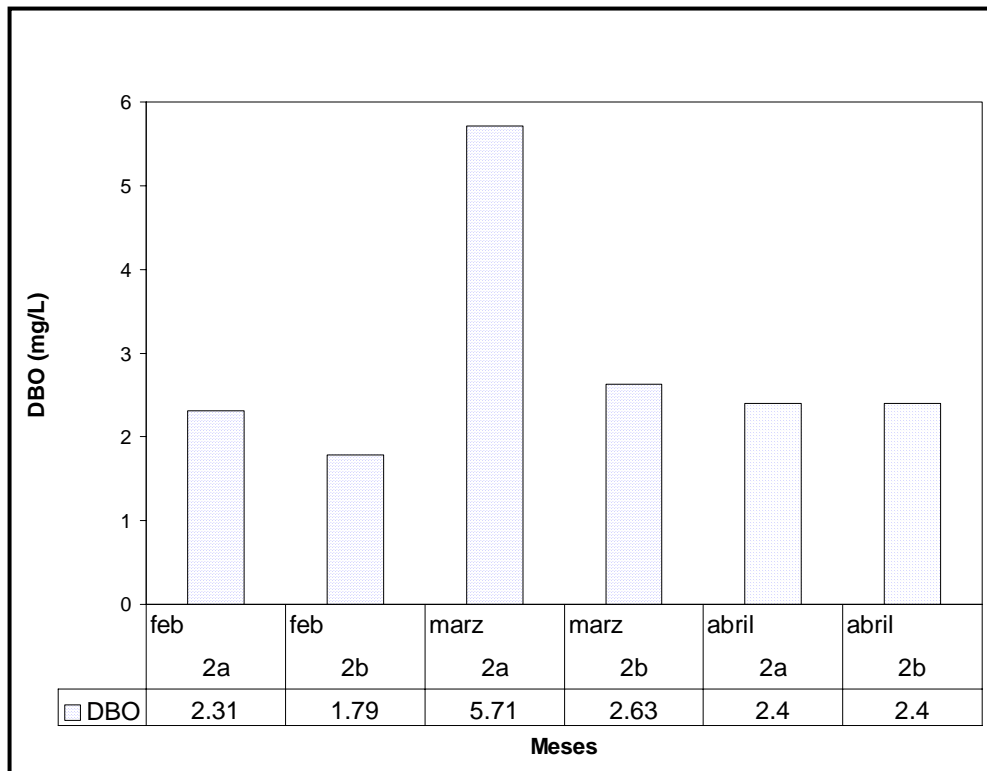


Figura 13. Comportamiento del DBO, Hacienda Santa Josefina

En la figura 13, el valor más alto de DBO se da en marzo en el punto antes de la fuente puntual de contaminación (5.71 mg/L), este valor se encuentra por encima de 4 mg/L, por lo tanto podemos afirmar que hay algún grado de contaminación por materia orgánica. Es importante hacer notar que los valores de DBO más altos en todos los puntos se dan antes de la descarga de contaminación,. Puesto la prueba del DBO, es en un bioensayo en el que, la misma se considera válida sólo si la disminución de oxígeno disuelto que el ensayo mide es mayor que 2.0 mg/L y suponiendo que tal disminución fue alcanzada por una muestra sin dilución, el límite teórico de detección es 2.0 mg/L. (Rodríguez, 1998). Por lo tanto los datos para esta variable y en este punto son incongruentes y con un margen de error que no nos permite discernir con claridad los comportamientos del antes y el después de la descarga .

En la figura 14 se observan los valores de DQO, al igual que en la figura anterior los valores más altos se dan en los puntos antes de la descarga de contaminación, por

lo tanto se presenta la misma incongruencia que nos hace difícil el análisis y la comparación de los datos.

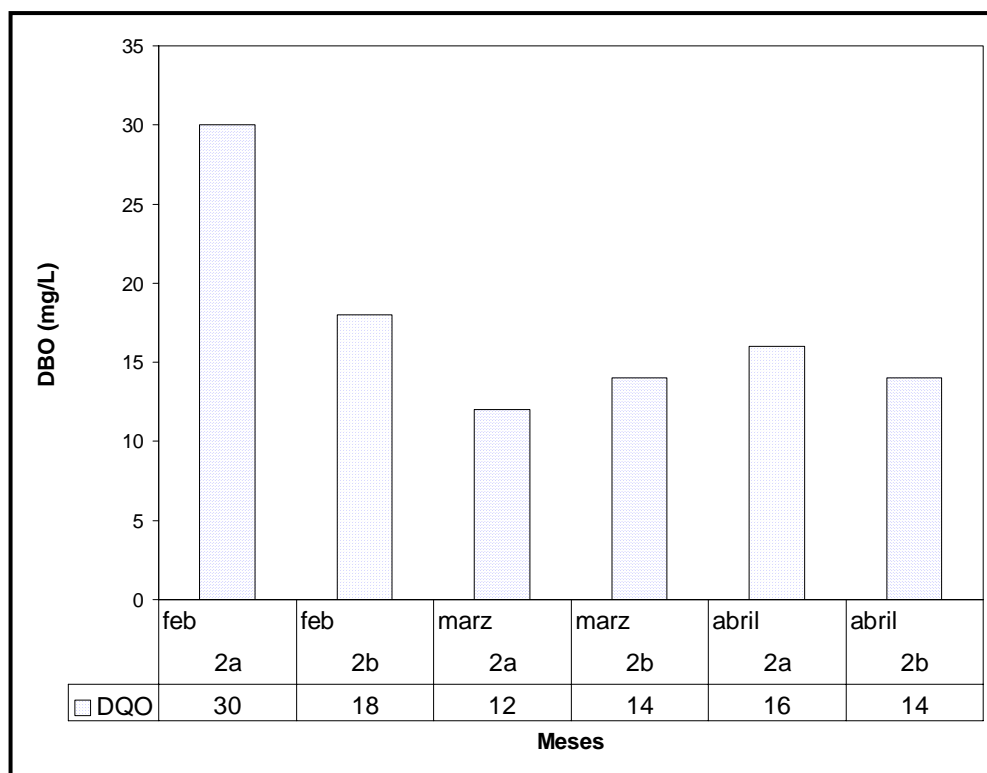


Figura 14. Comportamiento DQO, Hacienda Santa Josefina

El la figura 15 el valor más alto en el mes de abril en el punto antes de la contaminación, está por encima del valor de las aguas naturales, por lo tanto nos indica la presencia de sales de amonio que pueden atribuirse a los fertilizantes de los cultivos y a las actividades antrópicas que se dan en la finca (excretas de animales, heces y orina de origen humana), ya que estos valores se dan en el mes de abril que ya ha finalizado la cosecha de café.

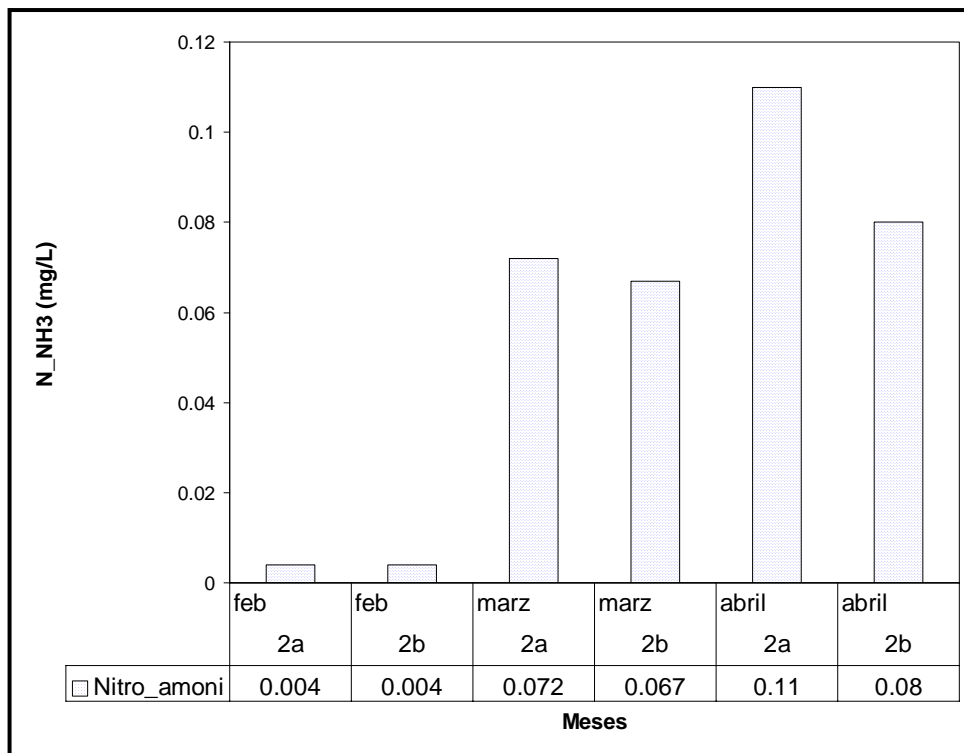


Figura 15. Comportamiento Nitrógeno Amoniaco, Hacienda Santa Josefina

Punto 3; Hacienda La Pintada: Al igual que las anteriores, ésta hacienda se ubica en el límite o parte aguas de la Subcuenca, tiene una extensión de 426 ha de tierra, donde hay una combinación de ganado, granos básicos y café, este último ocupa la mayor extensión y es la actividad más importante que se realiza en la finca. Al igual que las fincas anteriores se realizan el lavado del grano y el despulpado de café, parte de los desechos de esta actividad son utilizados como abono para la misma plantación y otra parte es lanzada al río (aguas mieles), las aguas lanzadas tampoco reciben ningún tratamiento, ya que según ellos no hay necesidad de tratarlas porque la gente no utiliza esa agua, además de los altos costos que esto implica. Se procesan 5000 mil latas de café aproximadamente, cada lata de 13.8 kg equivalen a 160 tn, estiman que la cantidad de agua utilizada para el procesamiento del café es de 2 pulgadas (100 ml) y la extraen a través de un proyecto elaborado por CARE, para la comunidad. Hace dos años la producción era de 14 a 15 latas por temporada. Este año ha sido muy poca debido a las bajas en el precio del café y a problemas financieros. Esta última Hacienda junto con las tres anteriores (Los Angeles y Santa Josefina), son las fuentes puntuales de contaminación más importantes de este estudio, los impactos del mal manejo de los residuos de café se sienten aguas abajo, principalmente en las fechas de corte, comprendidas entre los meses de noviembre a febrero (inicios de marzo en algunas ocasiones).

Los resultados de los análisis se brindan a continuación basándose en las actividades que la finca realiza:

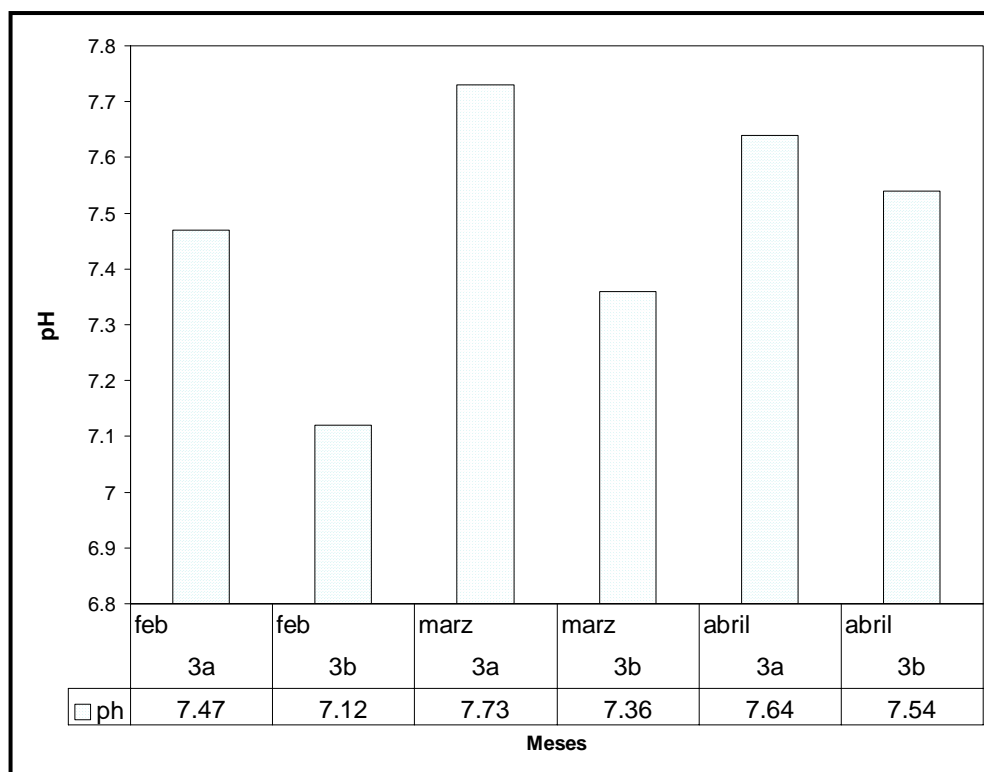


Figura 16. Comportamiento del pH, Hacienda La Pintada

La Figura 16, presenta los resultados de las medidas de pH. Observamos que durante los tres meses de muestreo, los valores del pH se encuentran en un ámbito de valores de 7.12 – 7.73 que corresponden a un pH ligeramente alcalino. Según la Disposición para el Control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias de la República de Nicaragua en su arto 38. los ámbitos y límites máximos permisibles de pH deben de estar entre 6.5 – 9, los valores que encontramos en este punto se encuentran en los límites máximas permisibles, por tal razón no existe impacto sobre los valores de pH causada por la pulpa y aguas mieles del café, esto se debe a que probablemente en el momento en que los parámetros fueron tomados, la hacienda ya estaba en su etapa final de recolección.

En la figura 17 observamos una disminución de los valores de la conductividad en los puntos 3d en los meses de febrero y abril (189.6 y 198.4 $\mu\text{S.cm}$), excepto el punto 3d de marzo que muestra un aumento de la conductividad. Esta hacienda se ubica a la orilla del camino, a su alrededor hay núcleos de población concentrados, se puede suponer que

estos valores altos de conductividad en los puntos 3a (antes de la descarga), se deben más a las actividades antrópicas (domésticas y agrícolas) que influyen directamente en el contenido salino de las aguas. Sin embargo, los valores de esta figura se encuentran en el ámbito de valores normales si lo comparamos con los valores de las aguas naturales, lo que implica el impacto de estas actividades no es considerable.

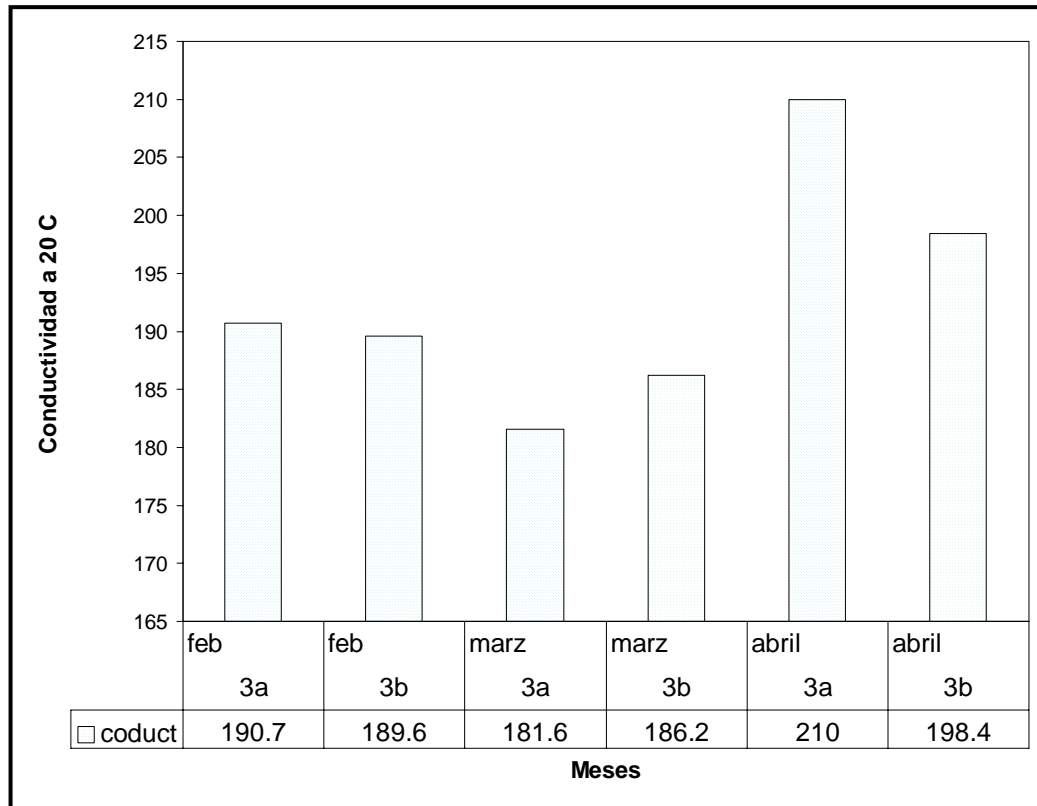


Figura 17. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica, Hacienda La Pintada

En la figura 18 se muestra el comportamiento de los Sólidos Sedimentables en los sitios de muestreo. Encontramos los valores de los sólidos en un ámbito que va desde 0.1 – 1 mg/L, donde el valor más alto es 1 mg/L en el mes de abril después de la descarga de beneficio de café. Las actividades antes mencionadas son las que podrían aportar un incremento en los sólidos, ya que para este mes la cosecha cafetalera ha llegado a su finalización, sin embargo estos valores se encuentran en el ámbito normal en relación a los valores de las aguas naturales. Al hacer una relación con las Disposiciones para el control de la Contaminación de Nicaragua, la que establece como 1.0 mg/L como límite máximo permisible, observamos que el único valor que se encuentra en el límite es el punto 3a para el mes de abril, sin embargo estas actividades no impactan fuertemente la calidad del agua.

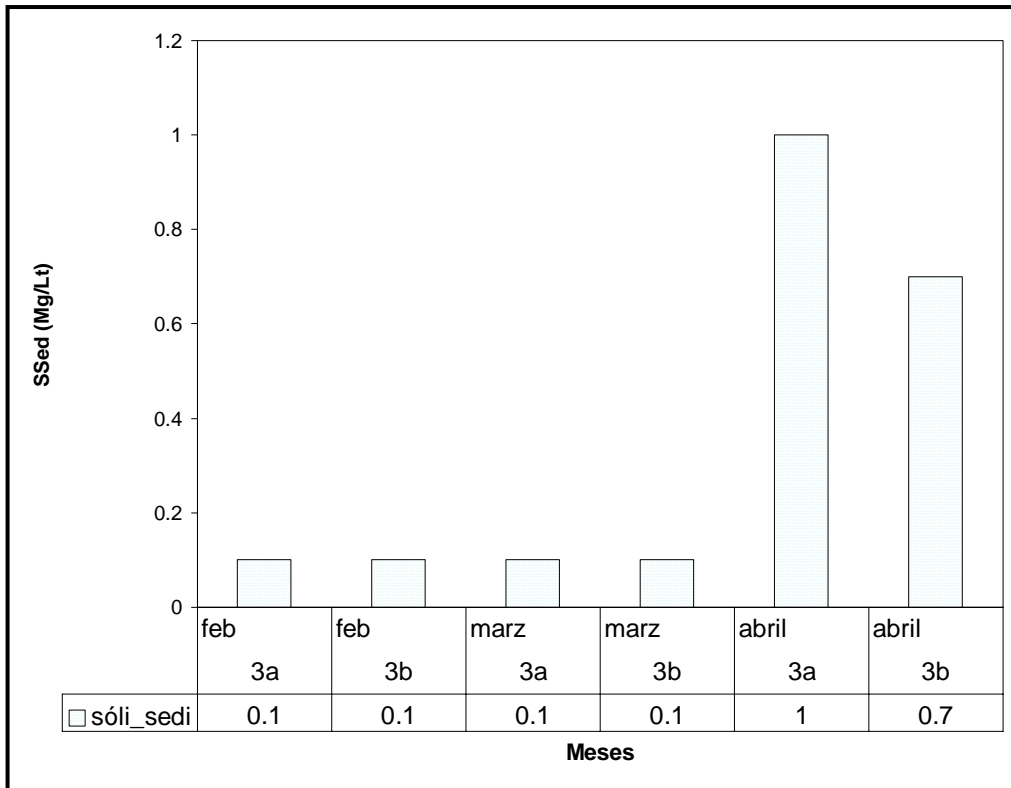


Figura 18. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables, Hacienda La Pintada

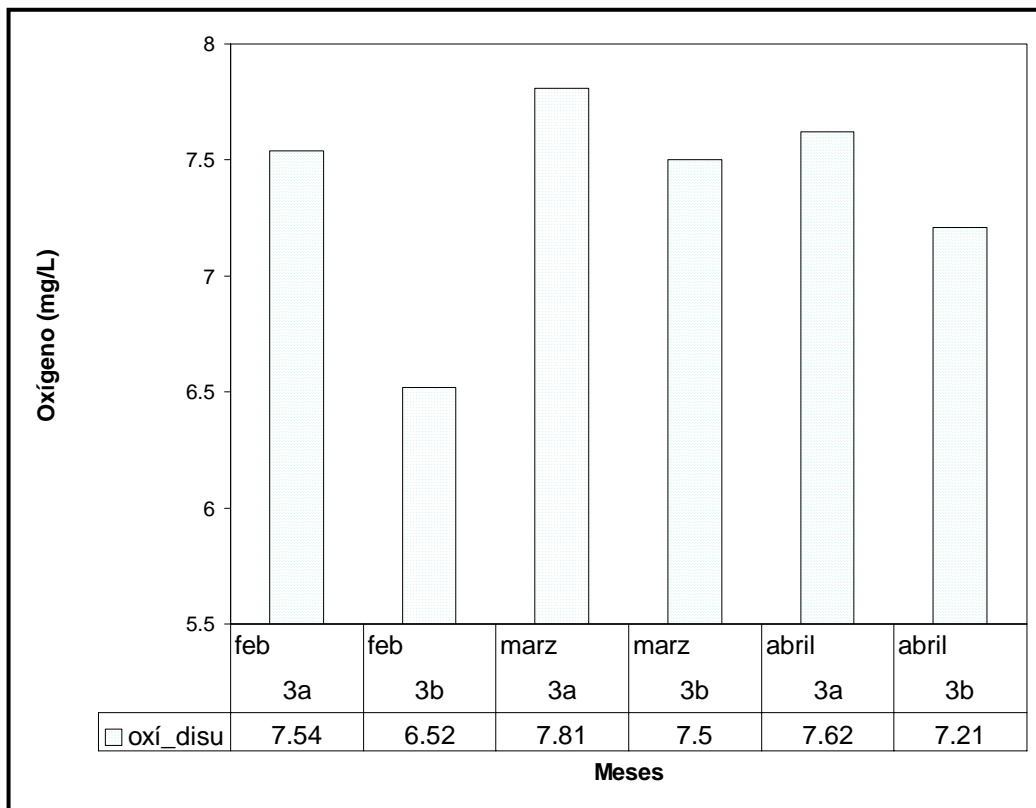


Figura 19. Comportamiento del Oxígeno Disuelto, Hacienda La Pintada

La figura 19, nos muestra los valores del oxígeno donde vemos una disminución en el punto 3d para el mes de febrero, lo que nos indica que de alguna forma esta disminución se debe a las descargas de materia orgánica que se depositaron durante la etapa de finalización del beneficiado del café, en los otros meses los valores del oxígeno permanecen en un ámbito de 7.21 - 7.91 mg/L. En general estos valores se encuentran dentro de los valores normales de las aguas naturales, por tal razón podemos afirmar que el impacto de esta actividad en el agua no es significativo en el oxígeno disuelto hasta el punto de poner en peligro la vida acuática

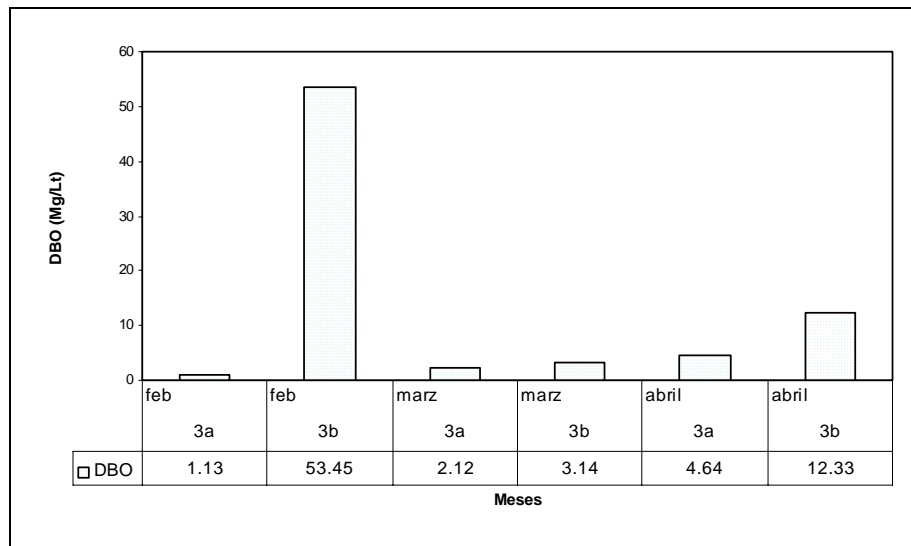


Figura 20. Comportamiento del DBO, Hacienda La Pintada

En la figura 20 observamos un aumento de DBO en todos los puntos 3b, en especial el de febrero que es el de finalización de la cosecha de café, esto nos indica la presencia de materias orgánicas contaminantes debido a la pulpa constituida principalmente por azúcares y mucílago que al sufrir un proceso de fermentación que por lo general se da en condiciones aeróbicas provoca sustancias que se convierten en agentes contaminantes, (Ayuda en acción, 1999). El valor de abril después de la descarga sobrepasa el límite 4.64 mg/L con respecto al valor de las aguas naturales, como en ese mes ya no hay cosecha podemos atribuir este comportamiento a las actividades de tipo antropogénico, desechos domésticos, fertilizantes, basura etc. Sin embargo, estos valores se encuentran en los límites máximos permisibles que establece la Disposición para el control de la contaminación Nicaragüense donde el valor límite es de 120 mg/L.

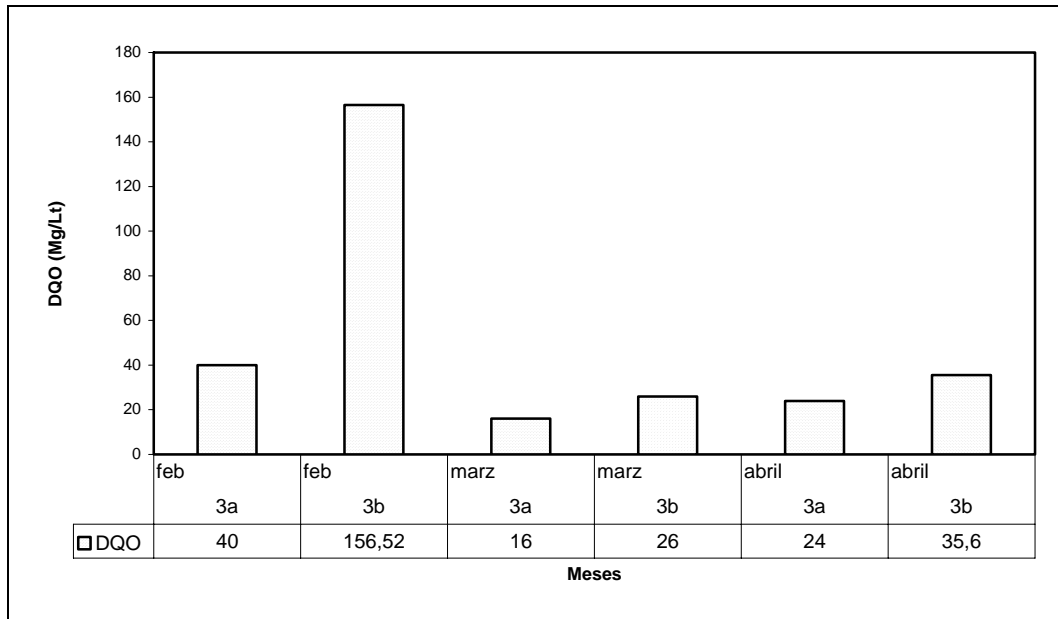


Figura 21. Comportamiento DQO, Hacienda La Pintada

En la figura 21 observamos al igual que en la figura anterior el DQO, más alto para el mes de febrero en el punto 3d, que es la época de cosecha de café. UNICAFE, 2001. Señala que en el beneficio húmedo se generan aproximadamente 13 libras de DQO/ quintal oro a causa de las aguas mieles y unas 45 lb de DQO por quintal oro por la pulpa, lo que sumado equivale a 58 libras de DQO por quintal oro. Si hacemos la misma relación con la producción de esta temporada en esta hacienda, donde la producción fue de 1600 qq se estima que se lanzaron al río 92,800 lb de DQO en toda la temporada de café comprendida entre los meses de noviembre a febrero, si hacemos esta relación para cada día, el valor de la descarga es de 733 lb de DQO/día, asumiendo que la producción fue igual en cada mes, aunque probablemente y por los resultados de las variables en el mes de febrero ya casi no había cosecha. Pero por las altas concentraciones que se presentan podemos suponer los graves impactos al recurso agua y a la vida que hay en él.

En la figura 22 se observa la relación entre el DBO y DQO, nuevamente el mismo punto 3b como el que presenta los mayores niveles DBO y DQO, ambos sobrepasan los

valores normales (10mg/L), por lo tanto todas las aguas que sobrepasan este valor se pueden considerar contaminadas con materia orgánica.

Según las disposiciones para el control de contaminación de Nicaragua el DQO y DBO estos valores se encuentran entre los límites máximos permisibles (200 y 120 Mg/Lt, respectivamente). En todos los puntos el valor más alto lo presenta el DQO, por lo tanto hay presencia de materia no biodegradable.

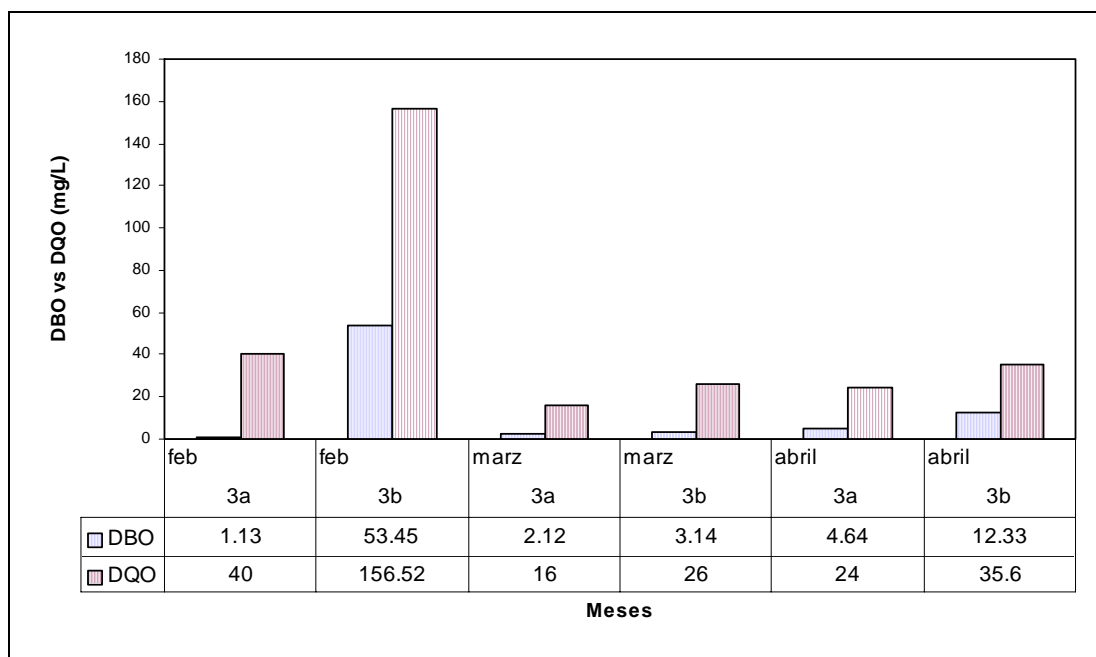


Figura 22. Relación DBO vs DQO, Hacienda La Pintada

En la figura 23 del Nitrógeno amoniacal, observamos un ámbito de valores que van desde 0.004 - 0.193 mg/L, los que se encuentran dentro de los valores normales de las aguas naturales. El único punto que refleja un valor un poco en el límite es en el punto 3b del mes de marzo, que es muy probable que este aumento se deba a la influencia de las actividades antropogénicas, sin embargo no tiene impactos significativos sobre la calidad del agua ya que los valores están dentro de los normales.

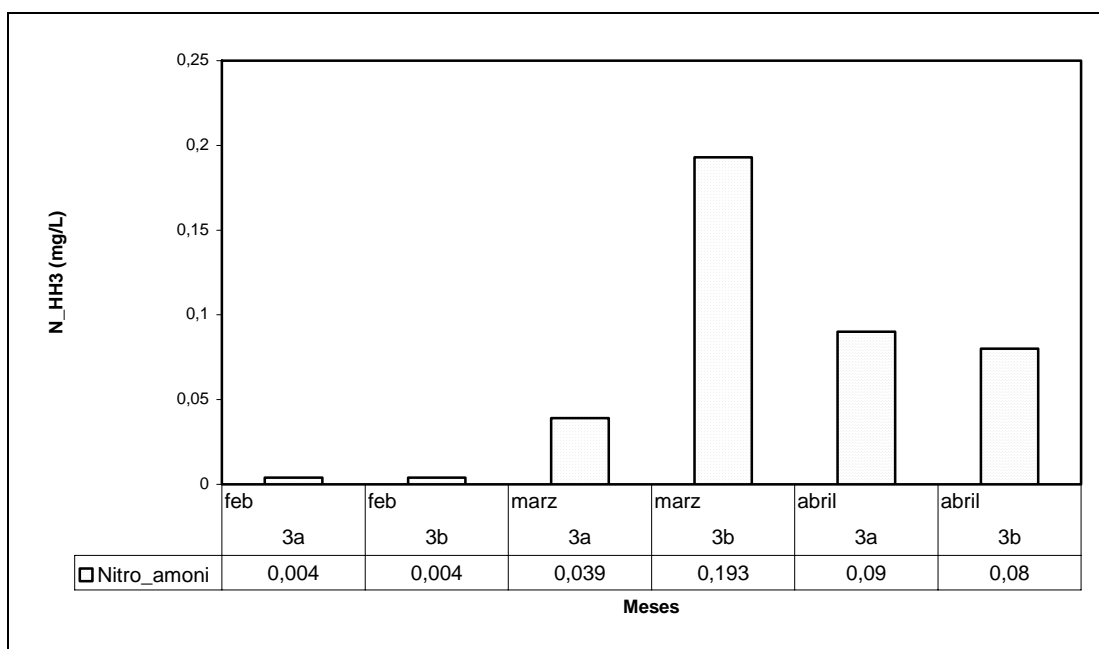


Figura 23. Comportamiento Nitrógeno Amoniaco, Hacienda La Pintada

Punto 4; Finca Las Maderas: Este punto se eligió por que queda aguas abajo del afluente de la Hacienda Los Angeles, lo que nos permitiría observar el grado de dilución o el comportamiento de los contaminantes. Esta es una finca muy pequeña, sin embargo tienen un despulpadero muy artesanal, a la orilla del río, donde el destino final de la pulpa es en el río mismo. A ambos lados de las márgenes del Río se encuentran casas, donde las familias tienen pequeños huertos de subsistencia y algunas aves de patio. Los resultados de los análisis se discuten a continuación considerando las actividades que se realizan en las zonas aledañas:

En la figura 24 observamos el comportamiento de pH, en general en todos los puntos éste se encuentra en un ámbito comprendido entre (7.32 – 7.64), que corresponde a un pH ligeramente Alcalino. Este comportamiento se debe a la presencia : Hidróxidos, carbonatos y Bicarbonatos y no es conocido que la alcalinidad en el agua represente riesgos en la salud,(Sawyer, *et al.*1994). Por tal razón podemos afirmar que no hay influencia de las actividades agropecuarias, antrópicas, ni del café que se realizan aguas arriba de este punto.

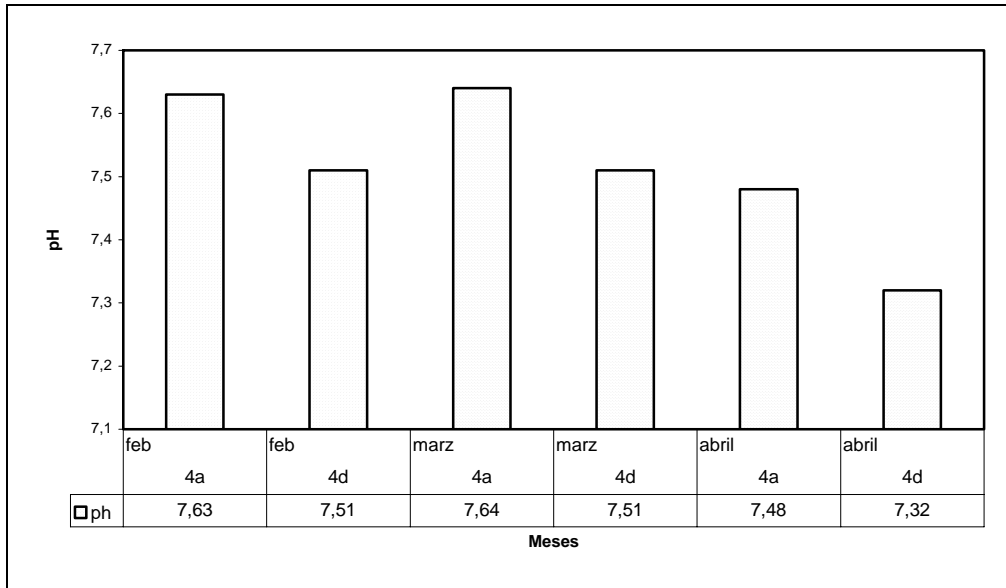


Figura 24. Comportamiento del pH, Finca Las Maderas

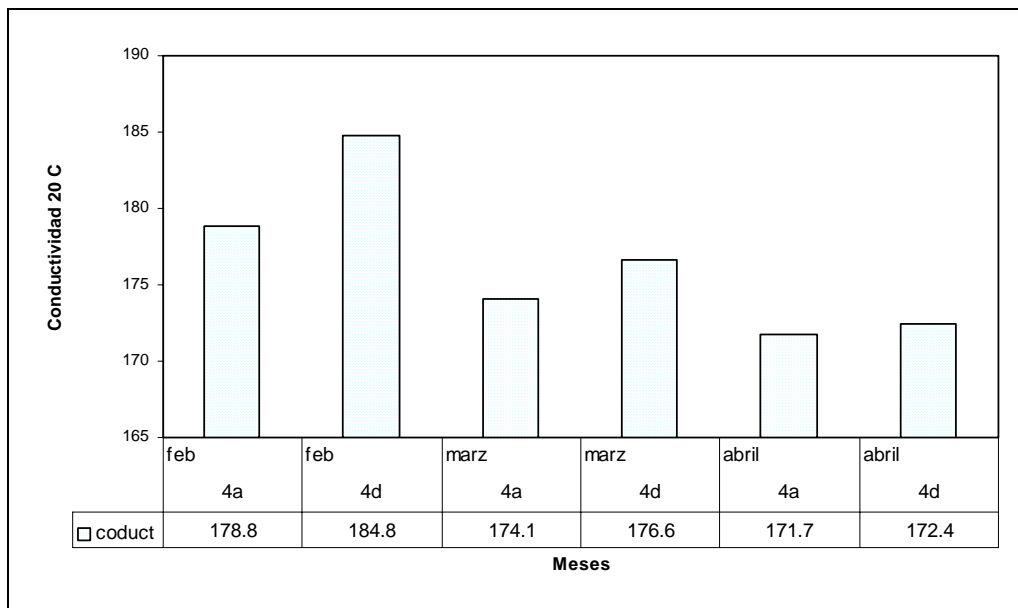


Figura 25. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica, Finca Las Maderas

En la figura 25 observamos un aumento de la conductividad eléctrica en todos los puntos 4d después de la descarga, este aumento de la conductividad en las aguas superficiales se debe a la descarga de compuestos iónicos que provienen de las actividades agrícolas o bien a las actividades domésticas que son muy comunes en esta área, es difícil atribuir estos valores a los beneficios de café por los pocos compuestos iónicos que tiene esta actividad.

Observamos que estos valores se encuentran en el ámbito de los valores de las aguas naturales, por tal razón estas actividades no tienen impactos significativos en la calidad del agua.

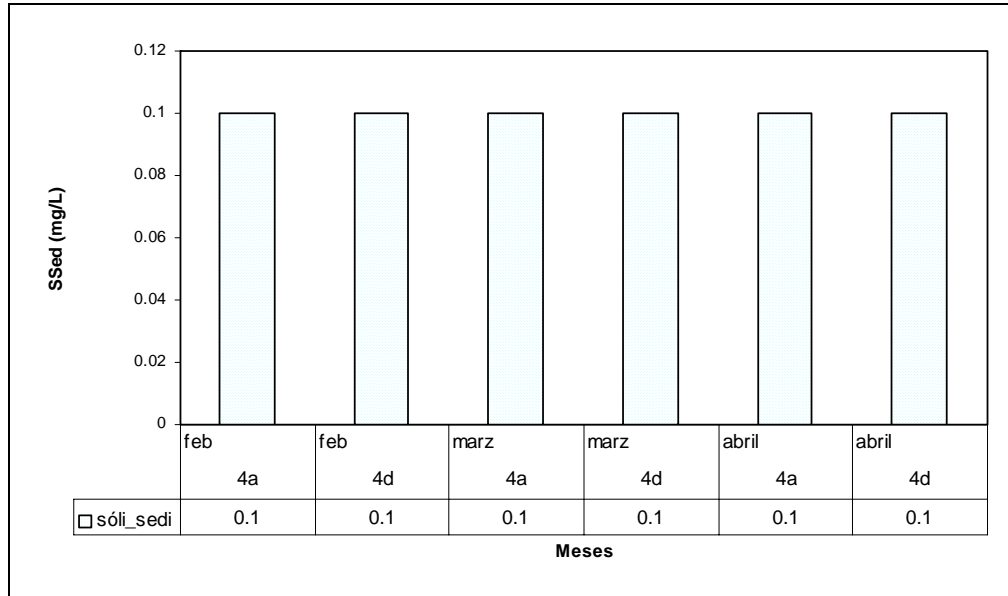


Figura 26. Comportamiento de los sólidos Sedimentables, Finca Las Maderas

En la Figura 26 observamos un comportamiento constante en cuanto a los valores de los sólidos sedimentables. Es importante señalar que el laboratorio reporta valores < 0.1 lo que nos hace precisar que la concentración de éstos es mucho menor. Por tal razón se puede concluir que las actividades que se realizan aguas arriba, así como también en la finca y los alrededores no están impactando negativamente en la calidad del agua en ese punto.

En la figura 27 observamos en los puntos 4d de todos los meses una disminución en los valores del oxígeno con respecto a los puntos 4a, sin embargo, al comparar con los valores normales de las aguas naturales observamos a estos valores se encuentran entre ese ámbito. Por tal razón concluimos que no hay influencia de la materia orgánica que puedan generar ciertas actividades. Es importante hacer notar que no se tienen datos de temperatura de campo, parámetro que debe de ser considerado para estudios posteriores.

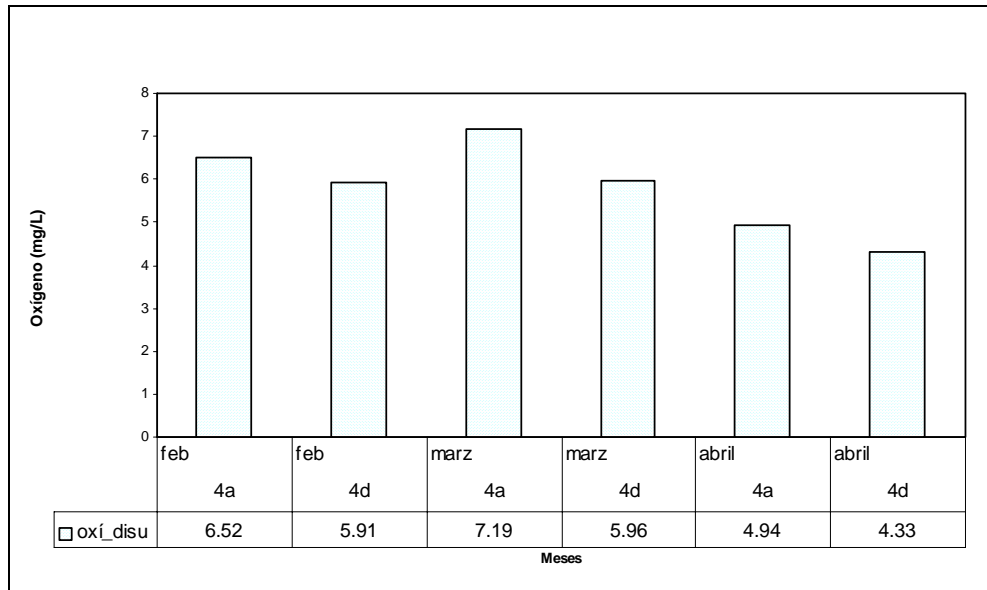


Figura 27. Comportamiento del Oxígeno Disuelto, Finca Las Maderas

En la Figura 28 observamos el comportamiento del DBO, donde los valores se encuentran entre 2.4 – 3.68 mg/L, los que no sobrepasan el valor de 4 mg/L. De tal manera, podemos considerarlas limpias o con cantidades ínfimas de materia orgánica. Concluyendo que las actividades que se realizaban durante la época de muestreo no causaron ningún impacto significativo en la calidad del agua.

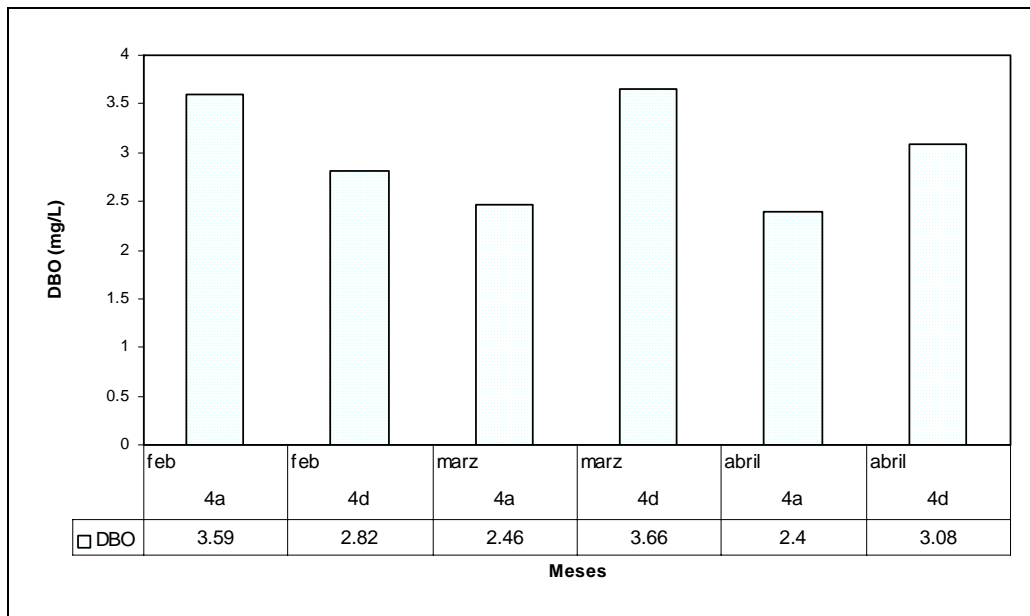


Figura 28. Comportamiento DBO, Finca Las Maderas

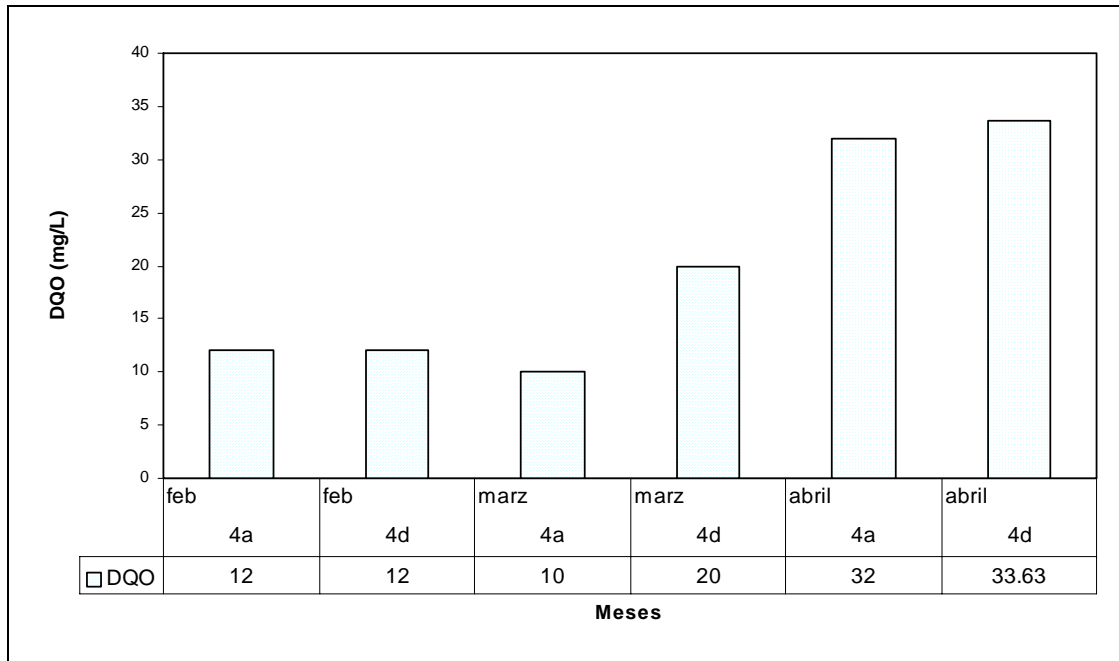


Figura 29. Comportamiento DQO, Finca Las Maderas

La Disposición para el control de la contaminación de Nicaragua, establece como valores máximos permisibles de DQO 200 mg/L para las descargas provenientes de la industria de café. En la figura 29, observamos valores entre 12 -33.63 y el laboratorio reporta un limite de detección de 10, lo que nos hace precisar que la concentración de sustancias no biodegradables en el cuerpo de agua son mínimas y no impactan fuertemente el recurso.

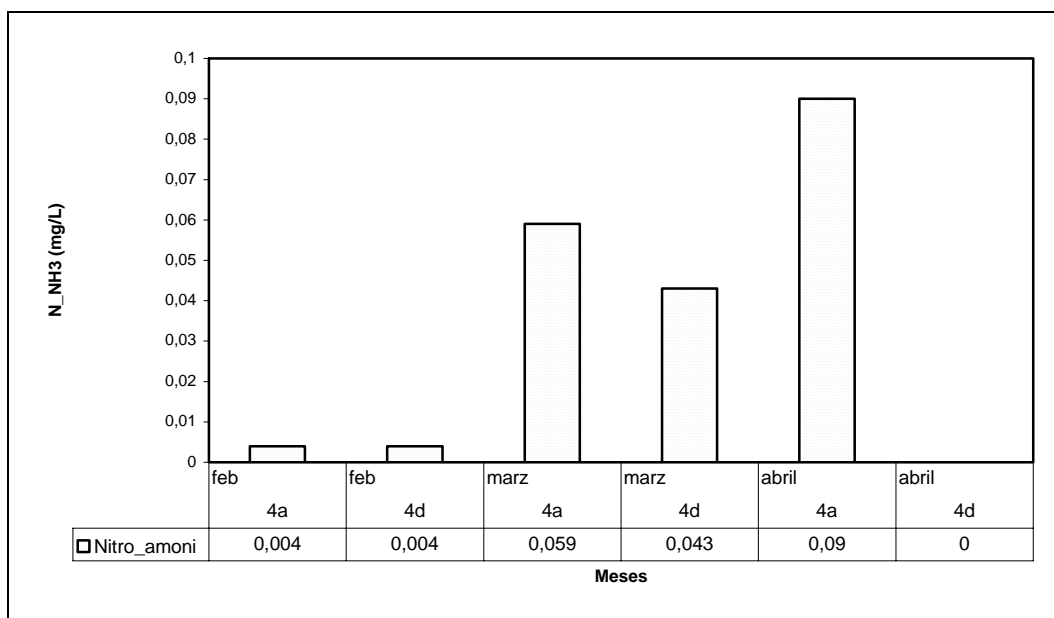


Figura 30. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal, Finca Las Maderas

La figura 30, nos muestra valores muy debajo del valor para aguas naturales y el laboratorio reporta para los primeros dos datos (mes de febrero), límites de detección < 0.004 mg/L, para el resto de datos reporta límites de detección de 0.004 mg/L por tal razón podemos concluir que la presencia de contaminación orgánica es ínfima y no hay una fuerte influencia en el cuerpo de agua.

Punto 5; Quebrada Las Mercedes: En este punto se unen las aguas provenientes de las Haciendas Santa Josefina y La Pintada, esta quebrada se realizan diversas actividades entre ellas lavar ropa, bañarse y para descanso y toma de agua de animales. Otras actividades que se realizan alrededor de esta quebrada son los cultivos de maracuyá y hortalizas como chayote y fincas con pastos. En este punto únicamente observamos un sitio de muestreo, es decir no hay un antes ni un después, ya que lo que se quería observar era el efecto de los contaminantes o de las malas prácticas de las actividades realizadas río arriba, por tal razón se eligió un lugar donde se unieran las aguas de ambas haciendas. Las muestras de agua, de igual forma se analizan en función tanto de las actividades que se realizan río arriba como de las que están alrededor de ellas y se detallan a continuación:

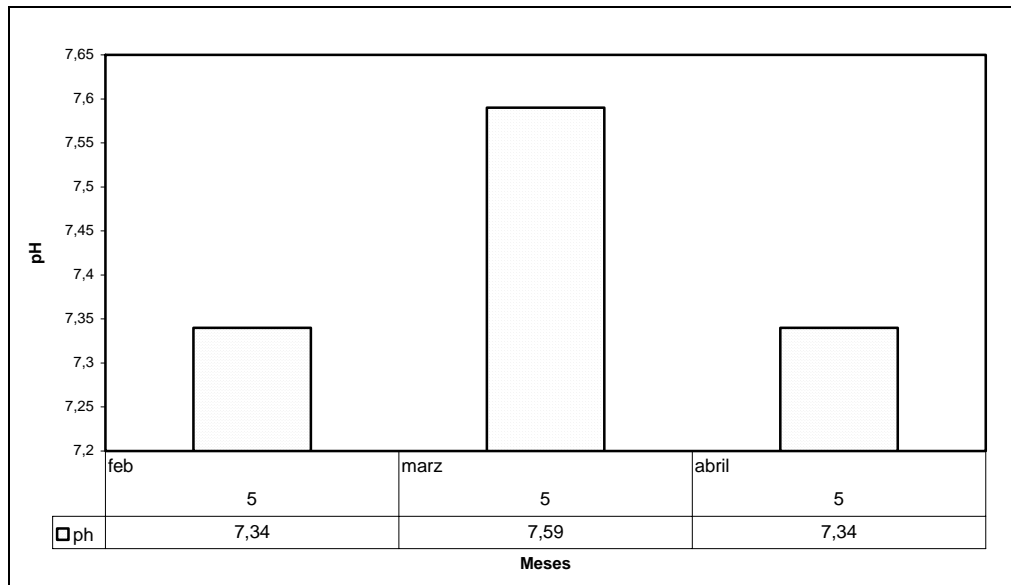


Figura 31. Comportamiento pH, Quebrada Las Mercedes

En la figura 31, encontramos los valores de pH para los tres meses en 7.34, 7.59 y 7.34, que caben en la categoría de ligeramente alcalino. Al compararlos con la Disposición para

el control de la contaminación de la República de Nicaragua observamos que estos valores se encuentran en los valores límites permisibles (6.5-9), por tal razón las actividades que se realizan río arriba no impactan significativamente la calidad del agua, ni hay influencia de las actividades que se realizan en los alrededores hasta el punto de alterar la calidad de esta agua en lo que a esta variable se refiere.

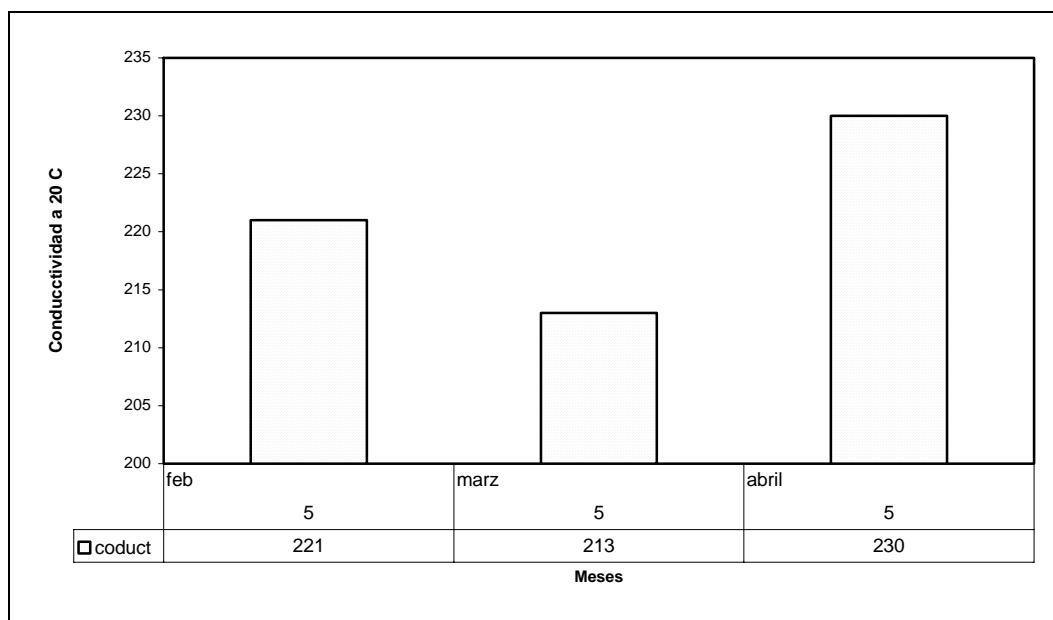


Figura 32. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica, Quebrada Las Mercedes

En la figura 32 observamos los valores de la conductividad para cada mes (221,213,230 $\mu\text{S.cm}$), si estos valores los comparamos con los de la figura 10 de Santa Josefina (119.8 –193.5 $\mu\text{S.cm}$) y gráfica 17 de la Pintada (181.6-210 $\mu\text{S.cm}$), en esta quebrada observamos un aumento considerable de la conductividad del agua sobre todo en el mes de abril. Siendo las descargas de café, una de las principales actividades Río arriba, al igual que diferentes prácticas agrícolas en los alrededores de la Quebrada, se puede suponer que el aumento de la conductividad eléctrica en esta agua se debe, a las actividades agrícolas y/o actividades domésticas antropogénicas que se realizan en su recorrido aguas abajo y sus alrededores, ya que es difícil atribuir este aumento a las actividades relacionadas al beneficiado de café, por que dicha actividad contiene pocos compuestos inorgánicos. Si estos valores los comparamos con los de las aguas normales, vemos que se encuentran entre los valores normales (50 –1500 $\mu\text{S.cm}$), lo que significa que el impacto de estas actividades no es considerable. Sin embargo de continuar esta

tendencia el problema puede agravarse en un futuro, con consecuencias drásticas aguas abajo.

En la figura 33 observamos los valores de los sólidos sedimentables en 0.1 mg/L para los tres meses, en los que el laboratorio reporta para los meses de febrero y marzo valores < a 0.1 y para el mes de abril 0.2. De igual forma si comparamos dichos valores con los normales, observamos que los de esta figura se encuentran en el ámbito de valores normales. La Disposición Nicaragüense para el control de la contaminación, establece (1.0 mg/L) como límite máximo permisible, estos valores se encuentran por debajo de estos límites. Por tal razón podemos concluir que las actividades que se realizan no están impactando fuertemente la calidad del agua.

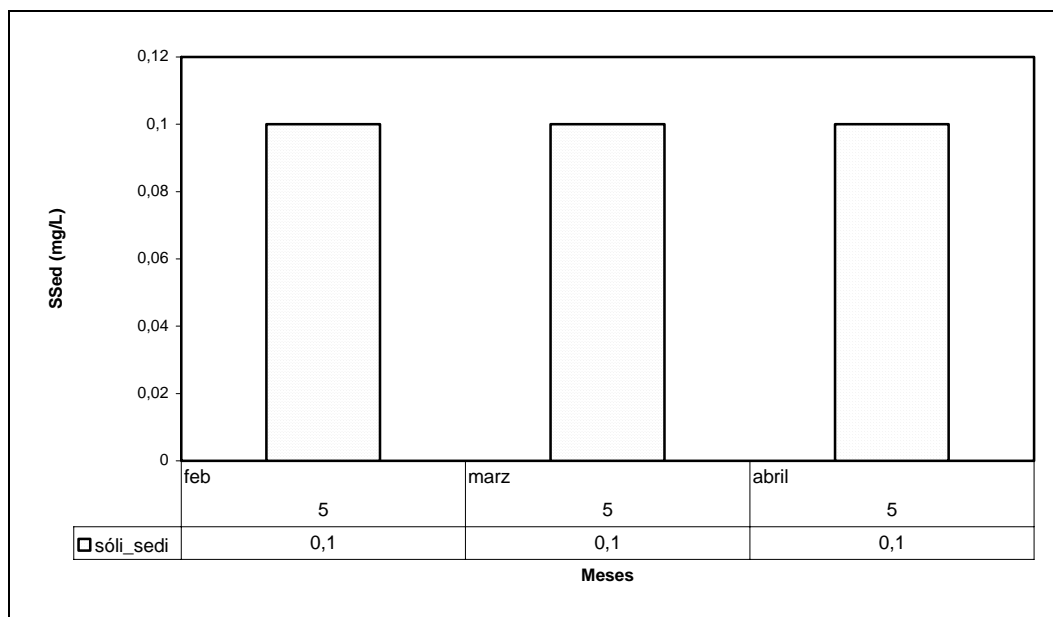


Figura 33. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables, Quebrada Las Mercedes

En la figura 34 de oxígeno observamos que este parámetro tienen un comportamiento normal, cuyos valores son 5.5 en febrero, 6.16 en marzo y 4.74 en abril, por tal razón podemos inferir que la influencia de la materia orgánica es poca y no disminuye significativamente el oxígeno disuelto. Otro factor muy importante es que en esa quebrada hay más movimiento de agua lo que favorezca un poco la autodepuración.

Figura 3. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables, Hacienda Los

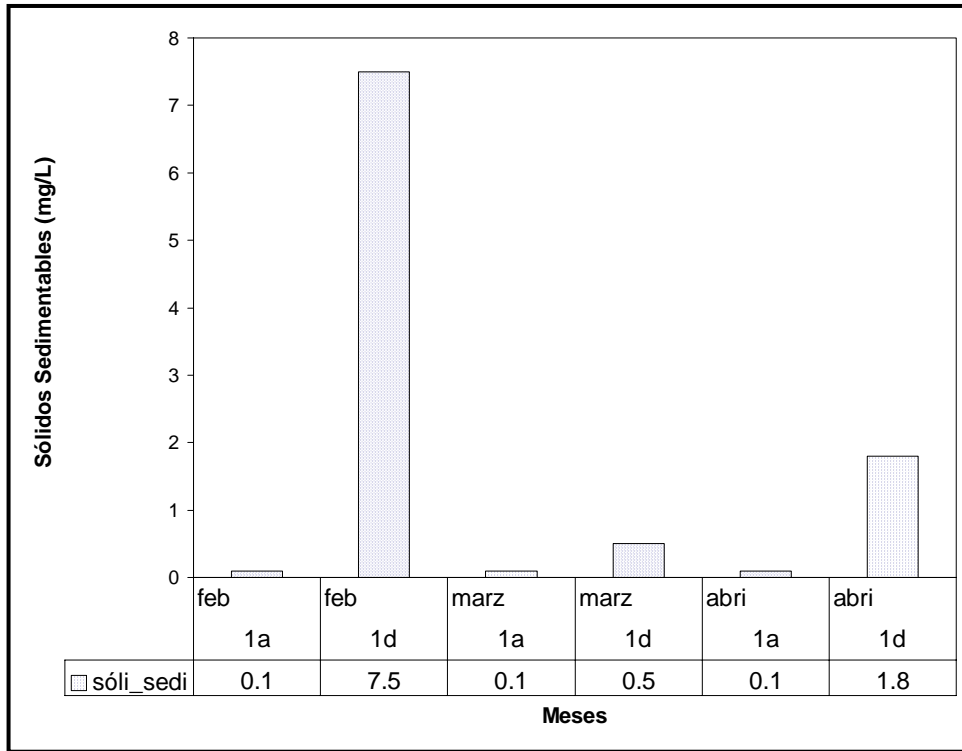


Figura 34. Comportamiento del Oxígeno Disuelto, Quebrada Las Mercedes

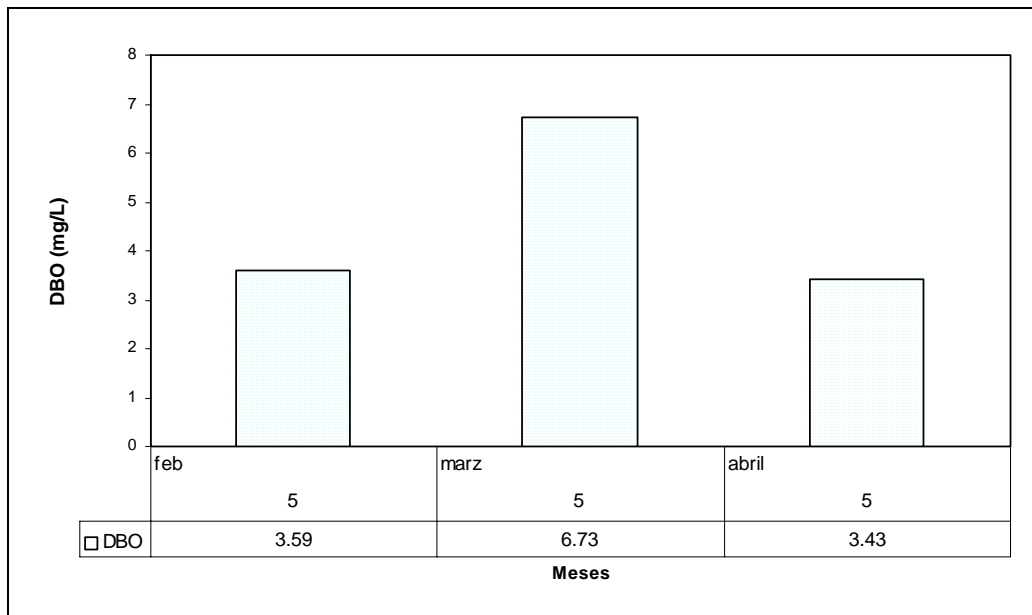


Figura 35. Comportamiento DBO, Quebrada Las Mercedes

En la figura 35, observamos los valores del DBO que están entre 3.43 – 6.73 mg/L, este comportamiento es normal según los valores de las aguas naturales. La Disposición para

el control de contaminación de Nicaragua, establece como rangos límites máximos de DBO (120 mg/L), los valores de la figura anterior se encuentran muy debajo de estos límites. Llegamos a la conclusión que no hay presencia de materia orgánica contaminante, todo lo contrario las aguas se pueden considerar relativamente limpias según los valores de las aguas naturales al estar en algunos meses por debajo de 4 mg/L.

En la figura 36 se observa que el valor más alto de DQO es en abril, sin embargo este valor no tiene ningún riesgo de contaminación. Según la Disposición para el control de la contaminación de Nicaragua, los límites máximos permisibles de DQO son de 200 mg/L, los valores de esta figura son menores que estos valores, concluyendo que esta agua no reciben materias no biodegradables que afecten la calidad del agua.

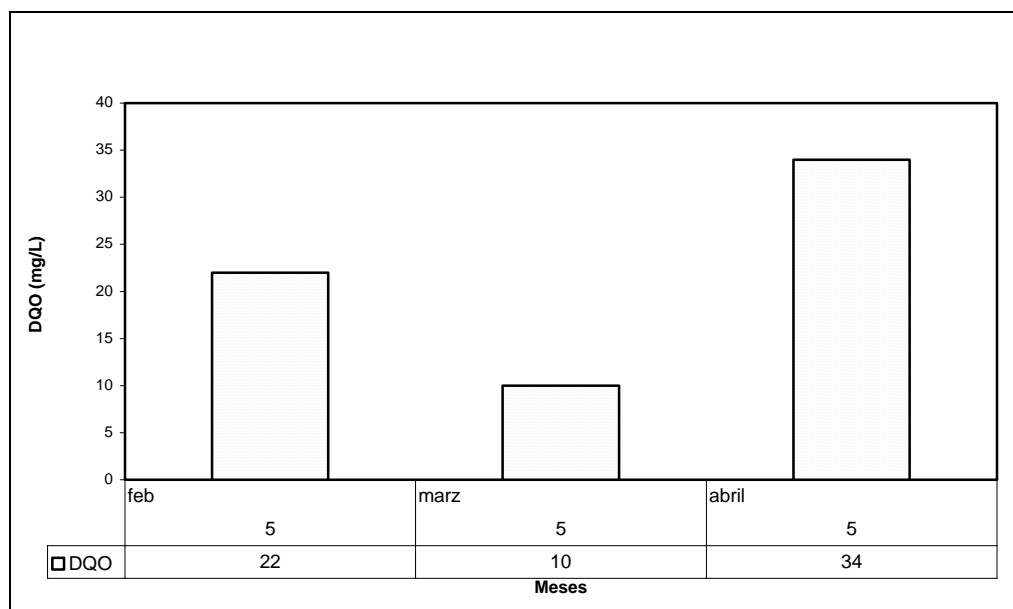


Figura 36. Comportamiento DQO, Quebrada Las Mercedes

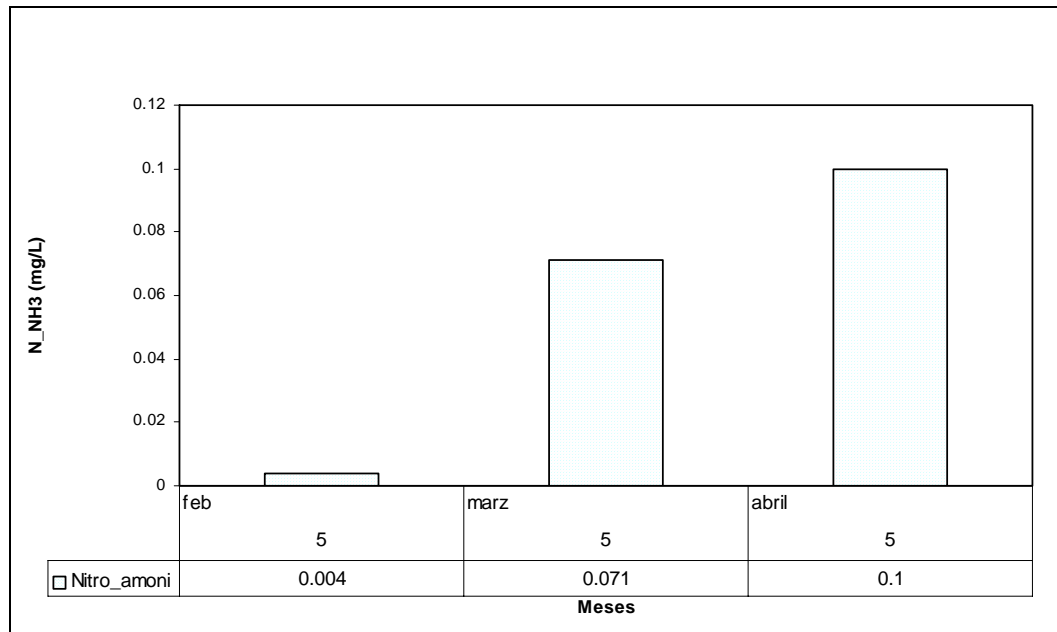


Figura 37. Comportamiento Nitrógeno Amoniaco, Quebrada Las Mercedes

En la figura 37 observamos los valores del Nitrógeno amoniacal, que se encuentran entre los valores normales de las aguas naturales por tal razón podemos inferir que estas actividades no están causando riesgos de contaminación.

Punto 6; Jucuapa Centro: Este punto ubicado en la comunidad de Jucuapa Centro, se eligió porque recoge las aguas provenientes de todos los puntos antes analizados, punto donde se forma el Río Jucuapa, en sus orillas hay pequeños huertos de hortalizas y algunas parras de frutales, además hay núcleos de población cerca y casas ubicadas en la margen del río. Los análisis se discuten en función tanto de las actividades aguas arriba como de las actividades que se realizan a su alrededor.

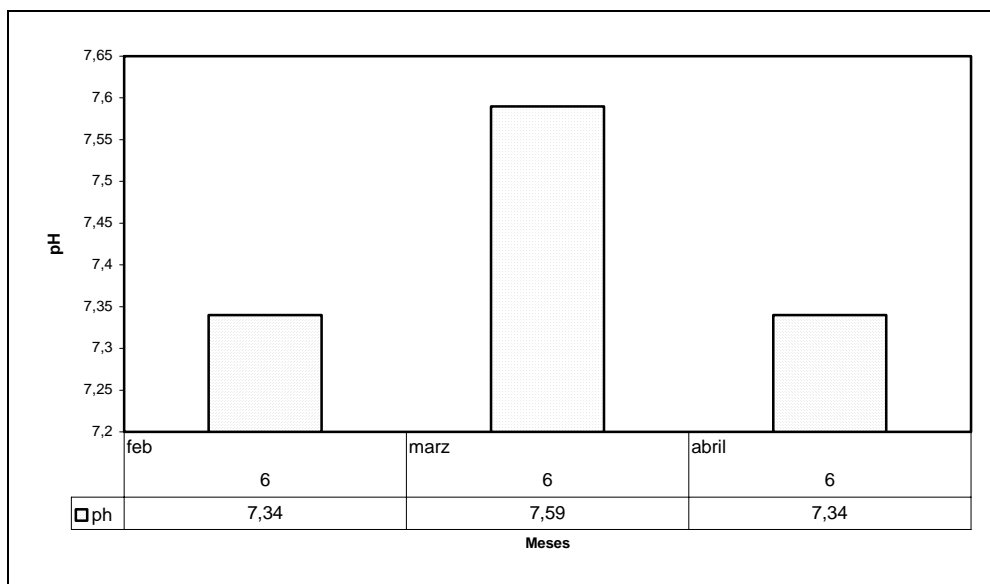


Figura 38. Comportamiento pH, Jucuapa Centro

Los valores que se presentan en el figura 38 se pueden considerar ligeramente alcalinos por estar entre 7.34 –7.59. Muchos materiales contribuyen a la alcalinidad en agua, la mayor parte del porcentaje de alcalinidad en el agua es causado por 3 tipos principales de materiales que se pueden agrupar según su asociación con los valores altos de pH en: Hidróxidos, carbonatos y Bicarbonatos. Sin embargo para la mayoría de los propósitos prácticos la alcalinidad debida a otros materiales puede ser insignificante y hasta ignorada. No es conocido que la alcalinidad en el agua represente riesgos en la salud,(Sawyer, *et al.*1994).

En la figura 39, observamos que los valores de la conductividad están entre 213-230. Si comparamos estos valores con los de los puntos río arriba (Santa Josefina, La Pintada, Los Angeles, Las Maderas, Quebrada Las Mercedes), vemos que este punto presenta valores más altos en relación al resto de puntos. Siendo las descargas de café, la escorrentía y los cultivos agrícolas las principales actividades, se puede suponer que los aumentos de las condiciones eléctricas dependen de las actividades agrícolas o domésticas, ya que las actividades del café no contienen compuestos inorgánicos. Al comparar estos resultados con los valores normales observamos que se encuentran en este ámbito. Esto significa que el impacto de las actividades antrópicas no es considerable.

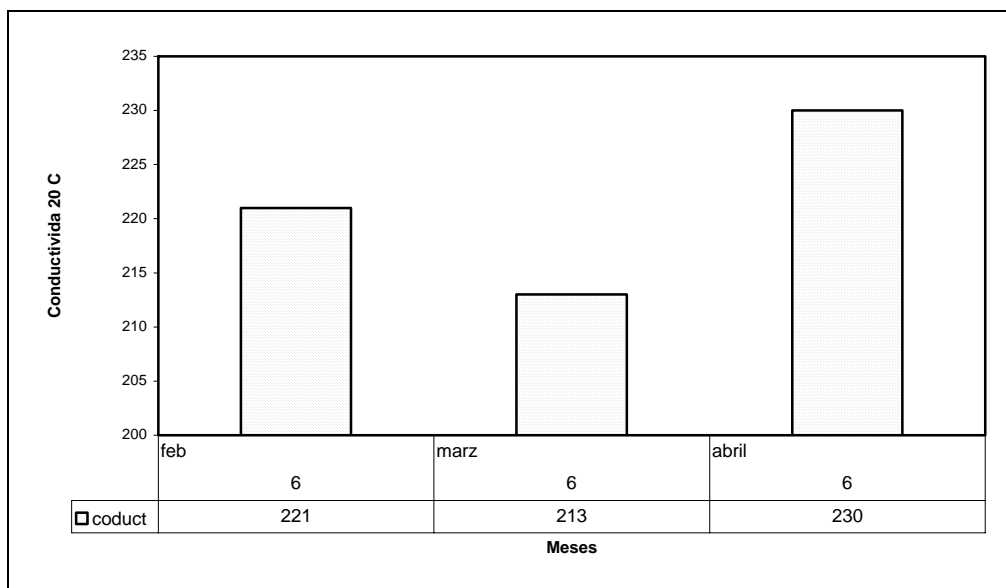


Figura 39. Comportamiento Conductividad Eléctrica, Jucuapa Centro

La figura 40 nos muestra los valores de los sólidos sedimentables, observamos un mismo valor de 01. mg/L, valores que se encuentran en la escala de normal al compararse con los de las aguas naturales. En la Disposición para el control de la contaminación de Nicaragua se establecen valores máximos permisibles de 1.0 mg/L para los sólidos sedimentables. Es importante mencionar que el laboratorio reporta límites de detección < de 0.1 para todos los puntos en los tres meses, lo que nos hace precisar que la concentración de los sólidos sedimentables encontradas es menor. Por tal razón, podemos concluir que las actividades que se realizan no están impactando fuertemente las aguas.

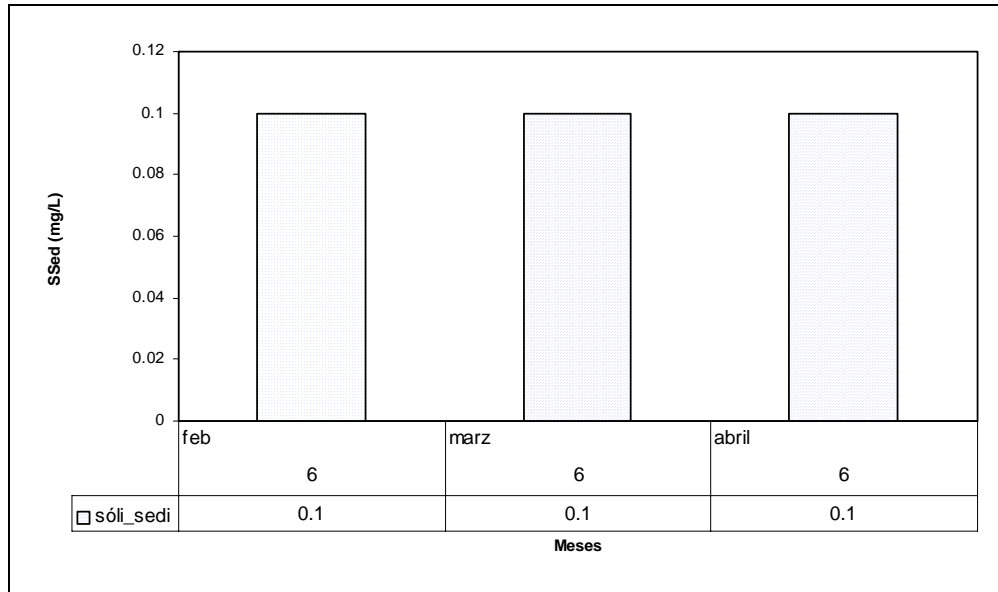


Figura 40. Comportamiento de los Sólidos Sedimentables, Jucuapa Centro

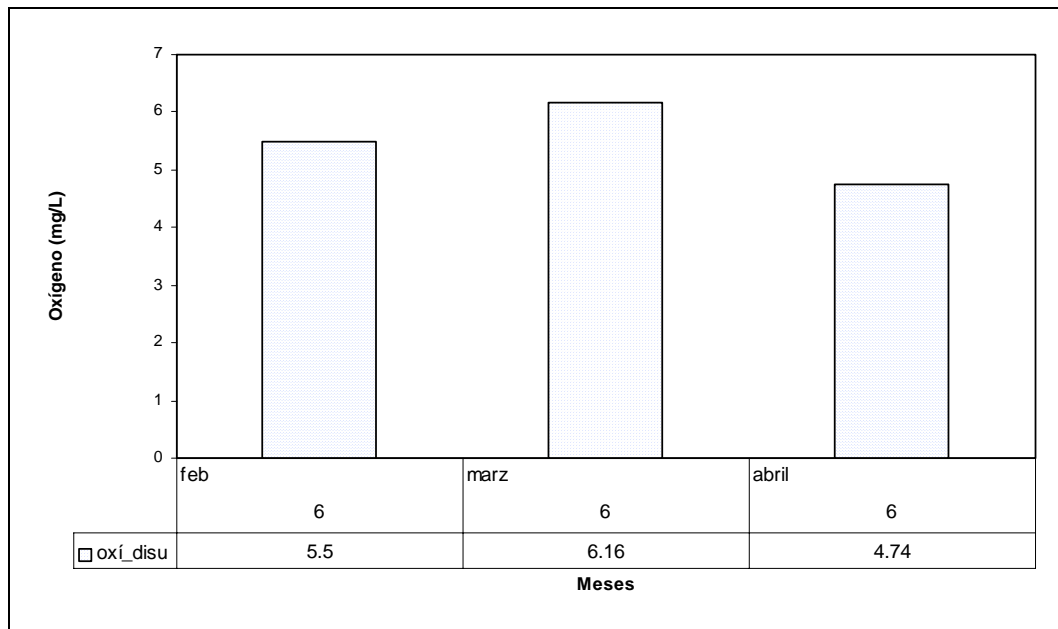


Figura 41. Comportamiento del Oxígeno Disuelto, Jucuapa Centro

En la figura 41 observamos valores del oxígeno que están entre 4.74 – 5.5, de estos puntos el mes de febrero reporta una temperatura de 21.9 °C, al comparar este valor con los valores normales de las aguas naturales, no observamos cambios en el oxígeno

disuelto, en el resto de puntos no se tomó temperatura de campo, sin embargo los valores de la figura se encuentran dentro del ámbito de los valores normales.

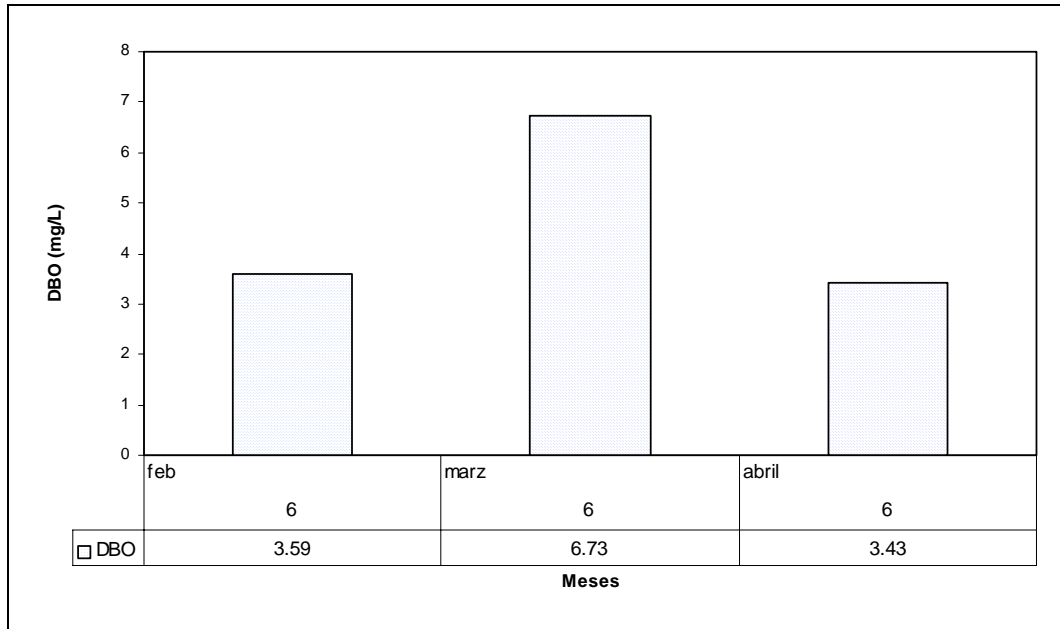


Figura 42. Comportamiento DBO, Jucuapa Centro

La figura 42, nos muestra los valores de DBO, claramente observamos estos valores entre el ámbito de valores normales al estar bajo de 10 mg/L, La Disposición Nicaragüense, establece como límite máximo permisible de DBO, valores de 120 mg/L, los valores de dicha gráfica se encuentran muy por debajo de estos límites, por tal razón se descarta la presencia de sustancias orgánicas como producto de las descargas del beneficiado de café.

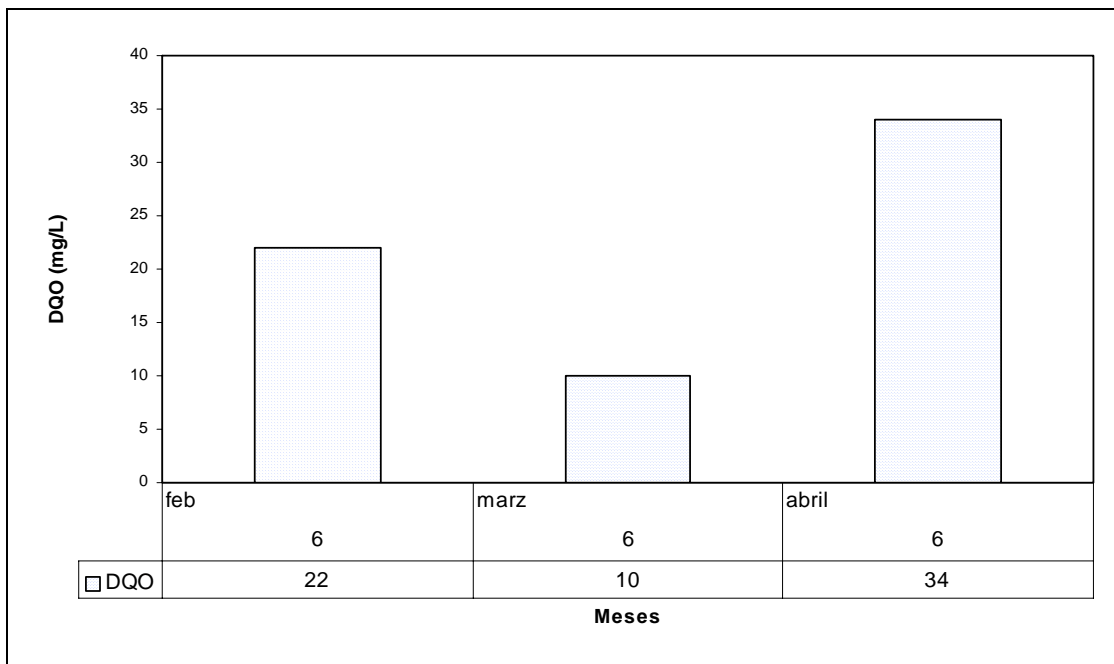


Figura 43. Comportamiento DQO, Jucuapa Centro

En la figura 43, observamos valores de 22, 10 y 34 mg/L de DQO, al ser comparados con los establecidos por las Disposiciones para el control de la contaminación (200 mg/L), estos valores están debajo de los valores máximos permisibles, por tal razón la presencia de sustancias no biodegradables es mínima y no causa efectos significativos en la calidad del agua.

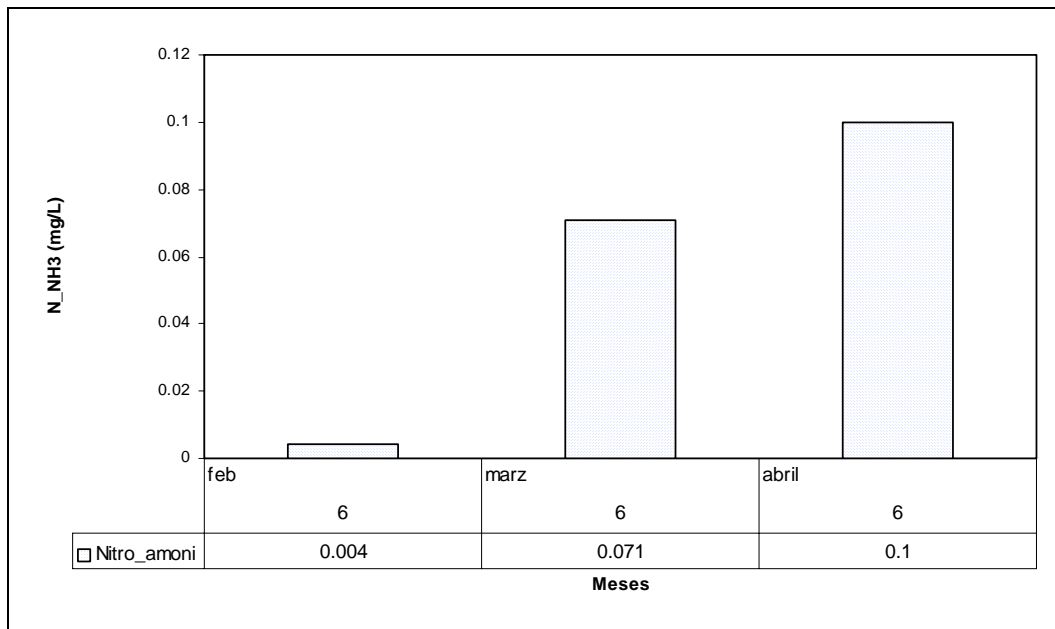


Figura 44. Comportamiento Nitrógeno Amoniacal, Jucuapa Centro

Los valores presentados en la figura 44 se encuentran en el ámbito de valores para aguas naturales, solamente en el mes de abril este valor llega al límite, el aumento del N_{NH_3} en las aguas se debe a la presencia de excretas, fertilizantes, sin embargo este valor no sobrepasa los límites naturales y su influencia en la calidad del agua no es considerable.

Los resultados de los análisis de calidad del agua del Río Jucuapa por medio de indicadores físico químicos, permiten concluir que el punto 1d, ubicado en La Hacienda Los Angeles, se encuentra contaminado con materia orgánica causado por la pulpa y las aguas mieles producto del beneficiado de café. Se presentan valores de pH (5.41), DBO (213.82 mg/L), DQO (213.82 mg/L), dichos valores son mayores que los establecidos para las aguas naturales. De igual forma si comparamos estos valores con la Disposición para el Control de contaminación de la República de Nicaragua (120 mg/L para DBO y 200 mg/L DQO). Observamos, que los obtenidos del muestreo, no se encuentran en el ámbito de valores máximos permisibles. Los valores más altos de los indicadores se presentan en los meses de febrero y marzo que coinciden con la finalización de la cosecha cafetalera. En los otros puntos de muestreo el beneficiado de café no contamina significativamente estos cuerpos de agua, es muy probable que esto se relacione con la finalización de la cosecha cafetalera porque las Haciendas ya estaban recogiendo lo

último de la producción de esta temporada. En algunos puntos como en Los Angeles y La Pintada, las actividades antropogénicas causaron aumentos mínimos en algunas variables (conductividad eléctrica y nitrógeno amoniacal), lo que significa que hay deposición de excretas y desechos de las actividades agrícolas en el cuerpo de agua, que de no tomarse las acciones correctivas a tiempo, pueden representar en un futuro graves problemas para las comunidades asentadas aguas abajo y que necesitan del agua del río Jucuapa para sus actividades.

4.2.2 Calidad Hidroquímica del Agua de la Subcuenca del Río Jucuapa

Por ser este estudio de la calidad del agua y por la importancia que tiene el análisis de las aguas subterráneas, a continuación se describen las características hidroquímicas de la Subcuenca del río Jucuapa. Esta información tuvo como base, diferentes muestreos realizados por el Instituto de Estudios Territoriales (INETER) en el Municipio de Matagalpa y que retomaron para el análisis de las aguas por parte de especialistas⁹

Característica hidroquímica del agua

Las características hidroquímicas de los recursos de agua en la Subcuenca Jucuapa se basan en la composición química de los iones más dominantes, evaluados y definidos como Tipos Hidroquímicos. Se obtiene a través del balance iónico de aniones y cationes que tengan el 50 meq-% o en predominio mayor que se aproxímelos a 50 meq-%, con un error de equilibrio de los iones menor del 5% de cada análisis.

Las aguas de la Subcuenca del Río Jucuapa, tienen una composición hidroquímica tipo Bicarbonatadas-Cálcicas, Bicarbonatadas-Cálcicas-Sódicas, Bicarbonatadas-Sódicas y Bicarbonatadas-Magnésicas. Este carácter químico de las aguas de la microcuenca significa una dependencia geoquímica, debido a que sufren un leve intercambio iónico a través del escurrimiento superficial, desde las áreas de recarga hacia la zona de descarga, en la confluencia del Río Grande de Matagalpa. Sin embargo, son aptas para el consumo potable, dado que presentan una composición iónica equilibrada y de bajas concentraciones de minerales, poca salinidad y de evolución lenta, con una tendencia de aguas bicarbonatadas-cálcicas, (anexos 8 y 9).

⁹ Castillo, E. 2002. Análisis conjunto de las aguas subterráneas de la Subcuenca del Río Jucuapa. Managua, NI. INETER. Córdoba, A. Tesista CATIE

El tipo de agua que predomina es el agua bicarbonatada combinada con los calcio, magnesio y sodio, cubriendo la mayor parte del área de estudio, esto se explica debido a las características climáticas, topográficas y litológicas de la zona, que imponen unas características de aguas duras, (anexo 10). Sin embargo en general son aptas para el consumo humano.

En consecuencia, no hay una evolución química natural significativa de las aguas, ya que estas se desarrollan y se mueven, en un sistema de fallas y fracturas, y rocas volcánicas e intrusivas. Unido al hecho que las muestras fueron hechas en su mayoría en verano, que no permitieron determinar una evolución geoquímica.

Además que en la Subcuenca, debido a la corta distancia entre las zonas de recarga y descarga entre los manantiales, o quebradas y ríos, lo cual no permite un intercambio iónico sustancial, que refleje diferentes tipos hidroquímicos de agua. Como se comprueba en los valores negativos del índice del intercambio de base (icb), propios de terrenos formados por rocas volcánicas, (anexo 11)

Otra causa del predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas en la zona, puede ser la abundante materia orgánica que arrastran las corrientes, como es el caso del lavado del café y la ganadería.

Distribución de la Zonalidad Hidroquímica del agua

Para una mayor comprensión de la distribución hidroquímica del agua, lo cual se ha interpretado con la información disponible, puede consultarse el mapa Hidroquímico del Estudio, en el anexo 10 .

En relación a las aguas Bicarbonatadas-Magnésicas, éstas se encuentran al Este y Sureste de la microcuenca, dentro de las comunidades de El Ocotil, Los Angeles, Las Mercedes, Santa Josefina y El Ocote. Este tipo de agua reflejan la calidad química en correspondencia al tipo de rocas basálticas de la región, las cuales no hacen evolucionar como aguas duras, y se corresponden con las zonas de recarga de la Subcuenca. Como lo comprueba los valores de los índices hidroquímicos del rMg/rCa de los manantiales 2 y 4, que son superior a 1, indicativo de terrenos ricos en silicatos magnésicos (anexo 12).

La distribución espacial del tipo de agua Bicarbonatadas-Cálcicas-Sódicas se ubican al norte, en las comunidades de Apante Grande y La Pintada, que corresponde a una zona de recarga de la Subcuenca, pero químicamente no se relaciona dado que hay un leve intercambio iónico de estas aguas, existe un ablandamiento, producto del ion sodio, podría ser por ascenso de agua profunda o por zona agrícola.

Las concentraciones iónicas dominantes Bicarbonato, Calcio son moderadas, en las zonas de Jucuapa Arriba, Jucuapa Oriental y Limixto, produciendo una mineralización leve en el agua que las hace poco duras. En esta zona el agua no esta afectada severamente por estas propiedades químicas, propias de formaciones geológicas terciarias del entorno.

Hacia el sector bajo de la Subcuenca, en Jucuapa abajo hasta la desembocadura, se hayan aguas Bicarbonatadas-Sódicas-Cálcicas. Este tipo hidroquímico indica una zona afectada por escurrimiento superficial y lixiviación sub-superficial de las aguas, que difieren del origen de su composición en la zona alta. Esto es un reflejo de un intercambio catiónico, producto de la existencia de materiales zeolíticos (arcilla) en los depósitos aluviales, atravesados en el escurrimiento del agua hacia las zonas de descarga.

En general la composición hidroquímica de las aguas que circulan por la Subcuenca Jucuapa, no tienen una evolución significativa, debido a la poca trayectoria que tienen los flujos y al tipo de roca que es similar en toda el lugar, así lo demuestran los diferentes índices hidrogeoquímicos, sobre todo rCl/CO_3H , rNa/rCa y rK/rNa , (anexo 12)

Concentraciones de sustancias nocivas o deficitarias del agua.

Los resultados de los análisis químicos del agua indican que las aguas de la Subcuenca Jucuapa, no están afectadas por contaminación natural directamente respecto a las sales nitradas, boratos, entre otras, que las producen los agroquímicos; indicativo de la existencia de capas arcillosas reteniendo y absorbiendo el Nitrato en la zona no saturada, sobre todo en las zonas altas.

Los valores encontrados de nitratos oscilan de 1.12 hasta 11.72 mg/l, rangos que están permitidos para el consumo potable, como lo indican los máximos aceptables, en el cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros y valores de las concentraciones máximas permitida para el uso de agua potable.

Parámetro	Concentración Máxima aceptable mg/l
K	10
Na	80
Mg	70
Ca	100
Fe	0.3
NO ₃	20
Cl	250
Fe	1
SO ₄	250
SDT	500
Boro	1
pH	6.8 - 8.6
DQO	1-15
DBO	1.00

Fuente: Castillo, E. INETER, 2002

Los fluoruros encontrados son insignificantes o nulos como contaminantes en las aguas, probablemente por la presencia de calcio que los reduce, estas concentraciones del ión flúor presentan grandes deficiencias en la composición hidroquímica de las aguas, siendo estos valores desde 0.05 hasta 0.5 mg/l en general.

Asimismo los valores de hierro son insignificantes, por la dependencia del intercambio catiónico, y además en medios oxidante, como la materia orgánica solo existe en cantidades mínimas. Las magnitudes encontradas acusan estas condiciones, que hay desde 0.00 a 0.24mg/l en la Subcuenca, que están por debajo de lo permisible. De igual forma, los valores de Boro son insignificantes, por la dependencia del intercambio catiónico, estos se presentan desde 0.00 a 0.13mg/l, valores que están bajo los límites permisibles.

4.2.2 Calidad Hidroquímica del Agua de la Subcuenca del Río Jucuapa

Por ser este estudio de la calidad del agua y por la importancia que tiene el análisis de las aguas subterráneas, a continuación se describen las características hidroquímicas de la Subcuenca del río Jucuapa. Esta información tuvo como base, diferentes muestreos realizados por el Instituto de Estudios Territoriales (INETER) en el Municipio de Matagalpa y que retomaron para el análisis de las aguas por parte de especialistas¹⁰

Característica hidroquímica del agua.

Las características hidroquímicas de los recursos de agua en la Subcuenca Jucuapa se basan en la composición química de los iones más dominantes, evaluados y definidos como Tipos Hidroquímicos. Se obtiene a través del balance iónico de aniones y cationes que tengan el 50 meq-% o en predominio mayor que se aproxímelas 50 meq-%, con un error de equilibrio de los iones menor del 5% de cada análisis.

Las aguas de la microcuenca Jucuapa, tienen una composición hidroquímica tipo Bicarbonatadas-Cálcicas, Bicarbonatadas-Cálcicas-Sódicas, Bicarbonatadas-Sódicas y Bicarbonatadas-Magnésicas. Este carácter químico de las aguas de la microcuenca significa una dependencia geoquímica, debido a que sufren un leve intercambio iónico a través del escurrimiento superficial, desde las áreas de recarga hacia la zona de descarga, en la confluencia del Río Grande de Matagalpa. Sin embargo, son aptas para el consumo potable, dado que presentan una composición iónica equilibrada y de bajas concentraciones de minerales, poca salinidad y de evolución lenta, con una tendencia de aguas bicarbonatadas-cálcicas, (anexos 8 y 9).

El tipo de agua que predomina es el agua bicarbonatada combinada con los calcio, magnesio y sodio, cubriendo la mayor parte del área de estudio, esto se explica debido a las características climáticas, topográficas y litológicas de la zona, que imponen unas características de aguas duras, (anexo 10). Sin embargo en general son aptas para el consumo humano.

¹⁰ Castillo, E. 2002. Análisis conjunto de las aguas subterráneas de la Subcuenca del Río Jucuapa. Managua, NI. INETER. Córdoba, A. Tesista CATIE

En consecuencia, no hay una evolución química natural significativa de las aguas, ya que estas se desarrollan y se mueven, en un sistema de fallas y fracturas, y rocas volcánicas e intrusivas. Unido al hecho que las muestras fueron hechas en su mayoría en verano, que no permitieron determinar una evolución geoquímica.

Además que en la Subcuenca, debido a la corta distancia entre las zonas de recarga y descarga entre los manantiales, o quebradas y ríos, lo cual no permite un intercambio iónico sustancial, que refleje diferentes tipos hidroquímicos de agua. Como se comprueba en los valores negativos del índice del intercambio de base (icb), propios de terrenos formados por rocas volcánicas, (anexo 11)

Otra causa del predominio de aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas en la zona, puede ser la abundante materia orgánica que arrastran las corrientes, como es el caso del lavado del café y la ganadería.

Distribución de la Zonalidad Hidroquímica del agua

Para una mayor comprensión de la distribución hidroquímica del agua, lo cual se ha interpretado con la información disponible, puede consultarse el mapa Hidroquímico del Estudio, en el anexo 10 .

En relación a las aguas Bicarbonatadas-Magnésicas, éstas se encuentran al Este y Sureste de la microcuenca, dentro de las comunidades de El Ocotal, Los Angeles, Las Mercedes, Santa Josefina y El Ocote. Este tipo de agua reflejan la calidad química en correspondencia al tipo de rocas basálticas de la región, las cuales no hacen evolucionar como aguas duras, y se corresponden con las zonas de recarga de la Subcuenca. Como lo comprueba los valores de los índices hidroquímicos del rMg/rCa de los manantiales 2 y 4, que son superior a 1, indicativo de terrenos ricos en silicatos magnésicos (anexo 12).

La distribución espacial del tipo de agua Bicarbonatadas-Cálcicas-Sódicas se ubican al norte, en las comunidades de Apante Grande y La Pintada, que corresponde a una zona de recarga de la Subcuenca, pero químicamente no se relaciona dado que hay un leve

intercambio iónico de estas aguas, existe un ablandamiento, producto del ion sodio, podría ser por ascenso de agua profunda o por zona agrícola.

Las concentraciones iónicas dominantes Bicarbonato, Calcio son moderadas, en las zonas de Jucuapa Arriba, Jucuapa Oriental y Limixto, produciendo una mineralización leve en el agua que las hace poco duras. En esta zona el agua no está afectada severamente por estas propiedades químicas, propias de formaciones geológicas terciarias del entorno.

Hacia el sector bajo de la Subcuenca, en Jucuapa abajo hasta la desembocadura, se hayan aguas Bicarbonatadas-Sódicas-Cálcicas. Este tipo hidroquímico indica una zona afectada por escurrimiento superficial y lixiviación sub-superficial de las aguas, que difieren del origen de su composición en la zona alta. Esto es un reflejo de un intercambio catiónico, producto de la existencia de materiales zeolíticos (arcilla) en los depósitos aluviales, atravesados en el escurrimiento del agua hacia las zonas de descarga.

En general la composición hidroquímica de las aguas que circulan por la Subcuenca Jucuapa, no tienen una evolución significativa, debido a la poca trayectoria que tienen los flujos y al tipo de roca que es similar en toda el lugar, así lo demuestran los diferentes índices hidrogeoquímicos, sobre todo rCl/CO_3H , rNa/rCa y rK/rNa , (anexo 12)

Concentraciones de sustancias nocivas o deficitarias del agua.

Los resultados de los análisis químicos del agua indican que las aguas de la Subcuenca Jucuapa, no están afectadas por contaminación natural directamente respecto a las sales nitradas, boratos, entre otras, que las producen los agroquímicos; indicativo de la existencia de capas arcillosas reteniendo y absorbiendo el Nitrato en la zona no saturada, sobre todo en las zonas altas.

Los valores encontrados de nitratos oscilan de 1.12 hasta 11.72 mg/l, rangos que están permitidos para el consumo potable, como lo indican los máximos aceptables, en el cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros y valores de las concentraciones máximas permitida para el uso de agua potable.

Parámetro	Concentración Máxima aceptable mg/l
K	10
Na	80
Mg	70
Ca	100
Fe	0.3
NO ₃	20
Cl	250
Fe	1
SO ₄	250
SDT	500
Boro	1
pH	6.8 - 8.6
DQO	1-15
DBO	1.00

Fuente: Castillo, E. INETER, 2002

Los fluoruros encontrados son insignificantes o nulos como contaminantes en las aguas, probablemente por la presencia de calcio que los reduce, estas concentraciones del ión flúor presentan grandes deficiencias en la composición hidroquímica de las aguas, siendo estos valores desde 0.05 hasta 0.5 mg/l en general.

Asimismo los valores de hierro son insignificantes, por la dependencia del intercambio catiónico, y además en medios oxidante, como la materia orgánica solo existe en cantidades mínimas. Las magnitudes encontradas acusan estas condiciones, que hay desde 0.00 a 0.24mg/l en la Subcuenca, que están por debajo de lo permisible. De igual forma, los valores de Boro son insignificantes, por la dependencia del intercambio catiónico, estos se presentan desde 0.00 a 0.13mg/l, valores que están bajo los limites permisibles.

4.2.3 Caracterización Productiva de la Subcuenca del Río Jucuapa.

En este acápite se hace una caracterización de las actividades productivas que se realizan en la subcuenca, a fin de analizar los impactos que éstas tienen en la calidad del agua.

La agricultura, entre otras actividades tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces en América Latina. Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas, estiércoles y la ausencia del manejo de desechos sólidos; la agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación, sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agro-químicos, que también contribuyen al deterioro de su calidad. (FAO, 1993).

Bajo este concepto se caracterizaron 55 fincas de la subcuenca ubicadas a 500 mt a ambos lados de las márgenes del río. Es importante señalar que este estudio se realizó en los meses secos del año, por tal razón hay grandes áreas con pastos que los productores no utilizan para cultivos agrícolas. En la Subcuenca los productores realizan la agricultura de subsistencia, con niveles de ingresos muy bajos y con muchas limitantes productivas entre las que se destacan la falta de crédito, asistencia técnica adecuada y la difícil comercialización de sus productos.

En la figura 45 se observa los tipos de rubros productivos en la Subcuenca, donde los granos básicos es el cultivo principal al que se dedican los productores, sin duda alguna es un componente fundamental en la dieta básica de la población de la microcuenca, muchas veces lo que queda de remanente de estos productos es llevado al comercio local. En segundo orden le siguen los frutales, el maracuyá principalmente que es una de las frutas que les permite ingresos adicionales a las familias y las hortalizas como chayote, pepino, pipián, este es otro de los cultivos por excelencia ya que este tipo de cultivo les permite obtener un poco de ingreso a los productores, a pesar de eso esta actividad solamente pueden realizarla los productores que tienen sus parcelas en las

márgenes del río o que cuentan con algún manantial que les permita el suministro de agua, este es uno de los cultivos que utiliza la mayor cantidad de pesticidas y fertilizantes.

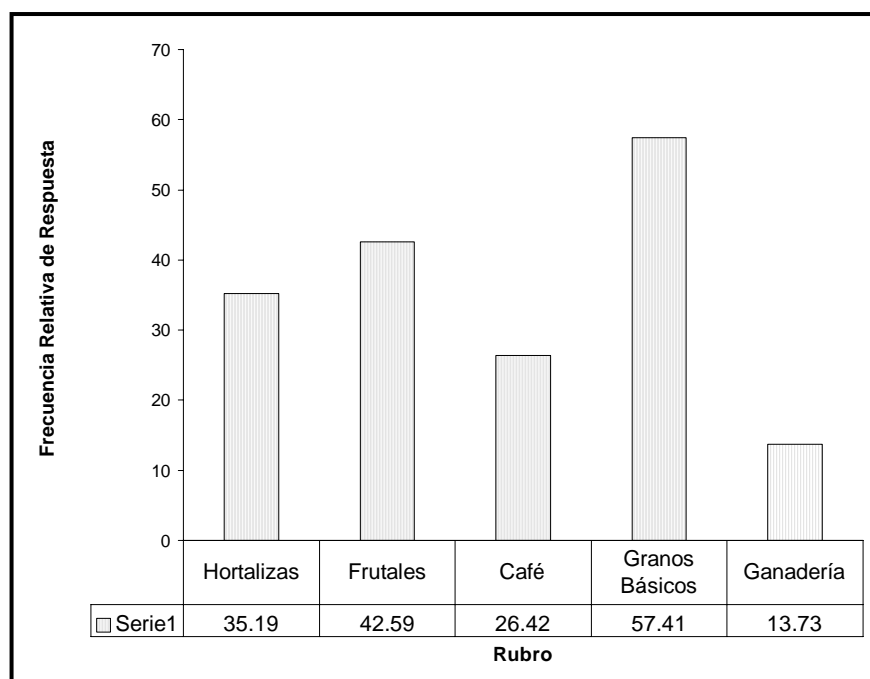


Figura 45. Estructura Productiva de la Subcuenca del Río Jucuapa

Al analizar la distribución espacial de los rubros productivos, en la figura 46 observamos que el cultivo de las hortalizas se cultivan en toda la Subcuenca sin embargo, predomina en la cuenca media (42.11 %), esto se debe a que los productores que tienen sus parcelas o las alquilan a la orilla del río, o bien cuentan con pequeños manantiales usados para este fin, de igual forma se observa en la parte baja de la Subcuenca que ocupa el segundo lugar, aquí a pesar de que el río se vuelve intermitente y se seca en muchos lugares, los pocos productores que cuentan con este recurso, tratan de producir las hortalizas antes de llegar a los períodos más críticos del verano. Los frutales son cultivados en mayor proporción en la parte baja de Subcuenca, esto se debe a que los productores que cuentan con el poco recurso agua aprovechan al máximo la disponibilidad del agua, aunque sí observamos a este cultivo en las tres partes de la cuenca.

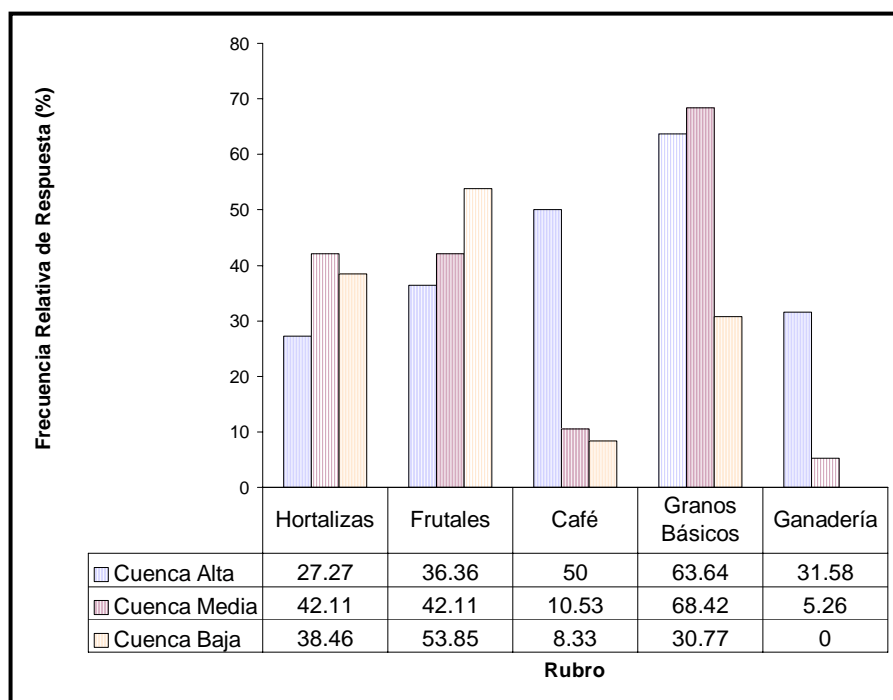


Figura 46. Estructura productiva por partes de la Subcuenca del Río Jucuapa

Observamos con gran diferencia al cultivo del café como el preferido en el límite o parte aguas de la Subcuenca, esto se debe a que en esta área se encuentran las tres haciendas cafetaleras más grandes de la microcuenca Los Angeles con un área de 105 ha de ellas 42 ha son de café, Santa Josefina con 385 ha, La Pintada con 420 ha en los que no se tienen datos con exactitud de la cantidad de café, esto se debe a la disponibilidad de agua con que cuenta esta parte de la Subcuenca, le permite a estas haciendas realizar los procesos de beneficiado del café. De igual forma la altitud permite la realización de este cultivo. Algunos productores de la parte alta y media también tienen pequeñas áreas de café, sobre todo los que cuentan con agua que les permita la realización de lavado de la pulpa, ellos cuentan con pequeños despulpaderos artesanales ubicados a la orilla del río, donde la pulpa y las aguas mieles tienen como destino el río. Gran parte de los pequeños productores de la parte alta y media, venden este café a los grandes productores o a puestos de recolección del mercado de Matagalpa a muy bajos precios.

El cultivo de los granos básicos, está presente en las tres partes, alta, media y baja. Finalmente la actividad ganadera, se desarrolla más en la parte alta, existen muchas áreas de pasto destinadas a este fin.

Aunque estos productores no cuentan con planes de crédito para sus cultivos, es importante destacar que en toda la Subcuenca hay una sobre-utilización de productos químicos tanto para el combate de plagas y enfermedades como en la fertilización del suelo, es decir utilizan grandes cantidades de químicos en pequeñas áreas de cultivo, por ser estos de subsistencia y pequeños huertos. En la figura 47 se observan los productos químicos más utilizados, el que presentó mayores porcentajes fue el gramoxone que es utilizado por su acción herbicida. Su nombre genérico es Paraquat y se encuentra entre los plaguicidas más importados en Nicaragua, (Reiche, 1997). En segundo lugar se ubican los fertilizantes utilizados cuando van a sembrar, luego se mencionan otros en menor porcentaje, entre ellos: Tamaron (methamidofos) que es un organofosforado, ampliamente usado en la agricultura, aunque su toxicidad es aguda, se diferencian por ser fácilmente degradados en condiciones ambientales, por ser solubles en agua, no se acumulan en los tejidos biológicos. MORIFUSA, 1976, citado por López *et al*, señala que sus productos de degradación muchas veces resultan más tóxicos que los compuestos originales. Otros que se mencionan metil (organofosforado), que se considera de uso agrícola limitado en Nicaragua y el Decis (deltamethrin), piretroide que en otras regiones de Nicaragua como León y Chinandega presenta numerosos casos de intoxicaciones. , (Reiche, 1997)

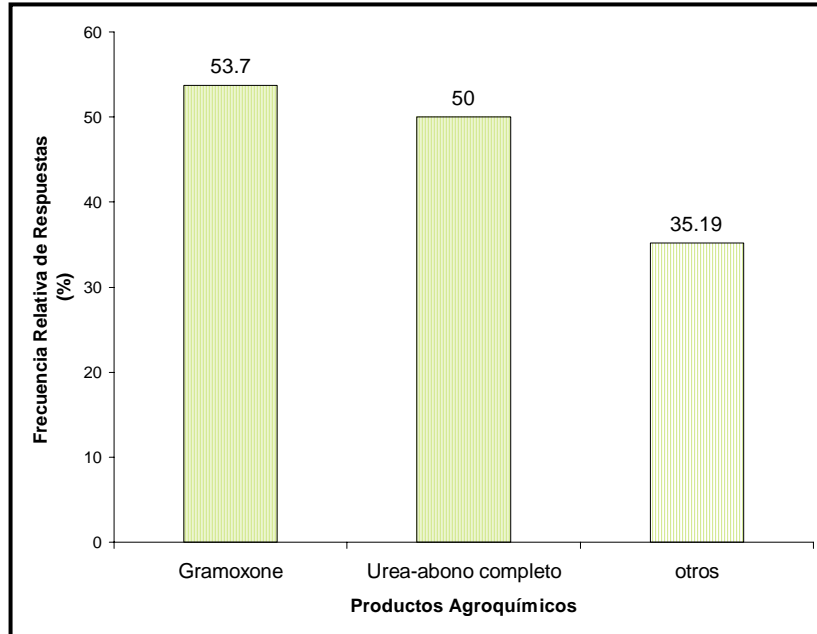


Figura 47. Productos Agroquímicos más usados en la Subcuenca del Río Jucuapa

La contaminación del agua por plaguicidas ocurre por el lanzamiento en ríos y lagunas de residuos de agroquímicos y de sobrantes de agua de lavado de equipos, la aplicación directa al agua (larvicidas), el desplazamiento de plaguicidas arrastrado por la lluvia hacia los cauces, las aplicaciones aéreas cercanas a ríos y lagos. (López *et al*). Este problema se agrava más ya que los productores no tienen medidas exactas ni datos sobre la cantidad de productos que utilizan, lo que nos hace suponer que hacen un uso intensivo e indiscriminado de estos productos. La presencia de productos poco degradable o muy tóxicos para cualquier ser vivo aumentará el riesgo de contaminación.

Otro problema muy serio que puede influir fuertemente en la calidad de las aguas superficiales de la subcuenca es la disposición final de los envases de estos productos, en la figura 48, observamos que las actividades clasificadas como otros son las que alcanzan los mayores porcentajes, entre ellas se mencionaron: que estos productos son quemados y dejados en la huerta o lanzados en el guindo cuyo destino final será el río Jucuapa. Recordemos que estos productores están ubicados en las márgenes del río, esto nos da una visión clara que existe muy poca conciencia ambiental y/o conocimiento de los efectos o consecuencias que estos productos pueden ocasionar en el ambiente y los cuerpos de agua. De igual forma no hay orientación sobre el manejo y disposición de los desechos de ningún tipo. En la figura 49, observamos que la mayoría de los productores quema los desechos provenientes de las actividades doméstica y los deja en su patio, en segundo lugar se observa que son lanzados al río.

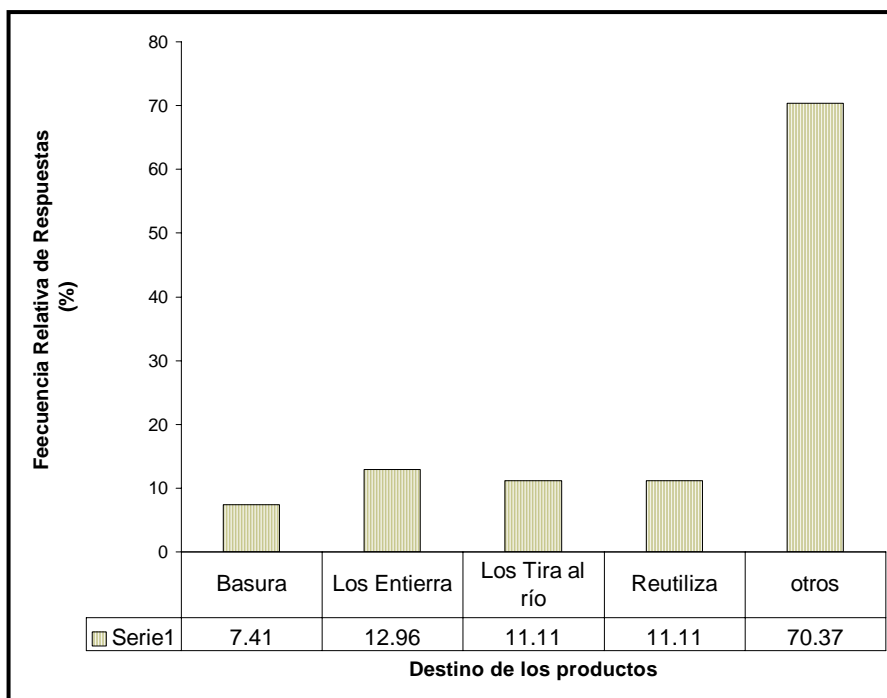


Figura 48. Destino de los desechos de agroquímicos, utilizados por los productores

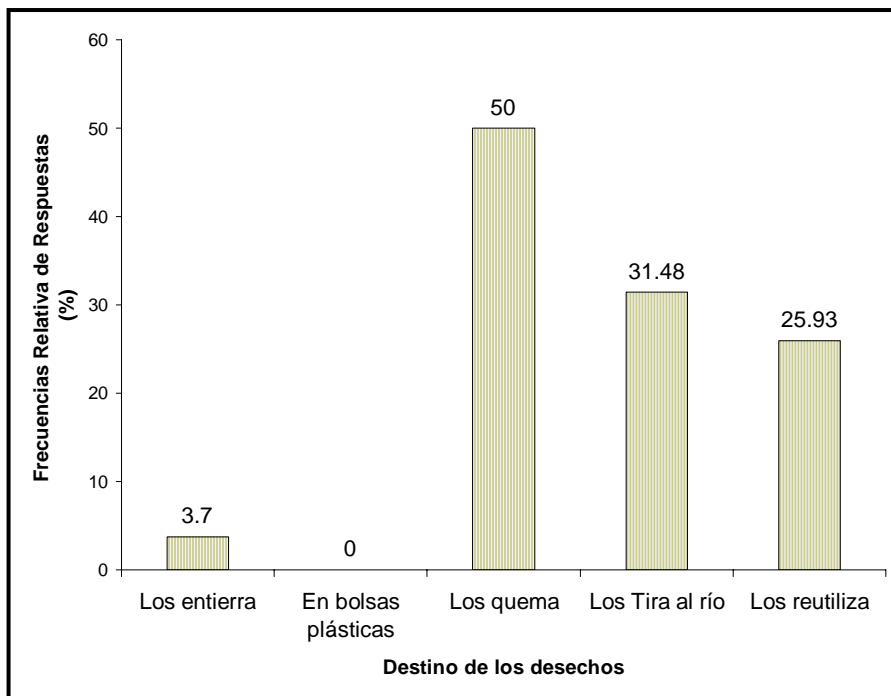


Figura 49. Destino de los desechos domésticos en la Subcuenca del Río Jucuapa

Otro aspecto muy importante a mencionar es la adopción de las prácticas de conservación de suelos, observamos en la figura 50, que la mayoría de los pobladores han adoptado las barreras muertas en sus fincas, que en cierta parte ayudará al control de la escorrentía y pérdida de suelo fértil, que de no ser así irán a parar al río, sumándose otro problema más.

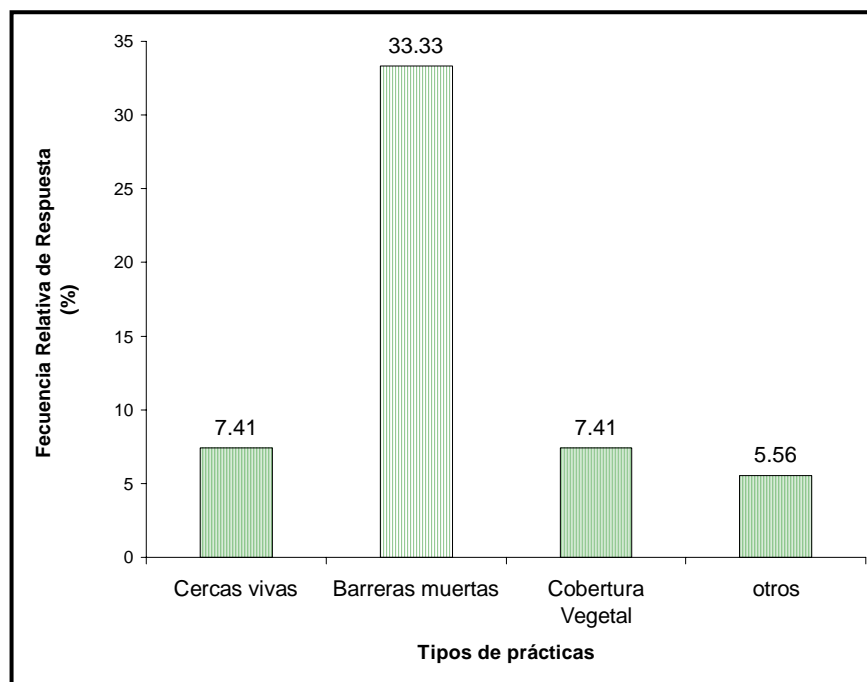


Figura 50. Prácticas de conservación de suelos adoptadas por los productores de la Subcuenca del Río Jucuapa

En la Subcuenca del Río Jucuapa, predomina la agricultura de subsistencia donde el principal rubro son los granos básicos que constituyen la dieta fundamental de los productores, los rubros hortalizas y frutales son los mencionados en segundo orden de importancia, éstos aportan ingresos adicionales o extras a las familias productoras, ya que son comercializados en el mercado local. El cultivo de café se realiza en el límite o parte aguas de la subcuenca y a pequeña escala en la parte alta y media de la Subcuenca.

A pesar de que los productores tienen algunas dificultades económicas para la siembra de sus cultivos, es importante referirse a la utilización de productos agroquímicos para fertilizar y el control de plagas. Entre los más comunes se mencionan el gramoxone para el control de malas hierbas, algunos órgano-fosforados y la aplicación de fertilizantes. Problema que se agrava ya que no tienen las medidas exactas sobre el uso, tampoco cuentan con la orientación mínima del manejo de los desechos de estos productos, de tal manera que la disposición final de éstos son la misma huerta o son quemados. Productos que luego tendrán como fin el Río Jucuapa.

4.3 Análisis de Percepción de la Comunidad sobre la Calidad del Agua

La participación es inherente a la vida social. Como seres sociales los individuos deben cooperar y participar, de una u otra manera en actividades sociales para poder existir. Cuando el diseño y la implementación de un proyecto se adecuen a las características, necesidades y oportunidades de la población y esta haga suyo el proyecto, hay una buena oportunidad que ella siga usando, operando y manteniendo las mejoras, obras y servicios introducidos, aún cuando no haya proyecto. La participación sirve para adecuar propósitos, contenidos, métodos y el mismo diseño del proyecto a las características de los supuestos beneficiarios y usuarios. (Prins, 2001).

Basado en el concepto anterior se consideró de mucha importancia los conocimientos de la población acerca de la calidad del agua y su percepción sobre el estado de ésta, ya que para el desarrollo de proyectos futuros es fundamental que las organizaciones conozcan las opiniones de la población en cuanto a los recursos que se quieren proteger, el conocimiento que tienen sobre los recursos que poseen y el significado e importancia que tienen en sus actividades. Percepción puede definirse como: La forma de ver algo. Es el acto físico de recibir impresiones sensoriales que luego son interpretadas por el cerebro. Los resultados se recabaron a diferentes niveles y se describen a continuación:

4.3.1 Percepción de los Centros Poblados

Se realizaron un total de 276 encuestas en 8 comunidades en toda la Subcuenca: Las Mercedes, El Ocotál, el Ocote, que se encuentran en la parte alta de la Subcuenca; Jucuapa Centro, El Ojo de agua, Jucuapa Occidental, en la parte media y Limixto, Jucuapa Abajo en la parte baja.

La primera parte de la encuesta tenía como objetivo identificar qué fuentes de agua la población conocía en la Subcuenca. En la figura 51, observamos como la fuente de agua más importante para todas las comunidades de la Subcuenca al río Jucuapa con un 64.05 %. Aunque las comunidades cuentan con puestos de agua para consumo humano y doméstico, muchas veces tienen que recurrir al Río ya que producto de la fuerte sequía y el despale, muchas veces el agua tiene que racionarse para poder abastecer a toda la comunidad, de esta manera la única alternativa es utilizar el río para todas las actividades. Por ejemplo, las comunidades que no tienen agua ni para consumo, principalmente las de la parte baja (Jucuapa Occidental y Jucuapa Abajo), el río es el único recurso con que cuentan para todas sus actividades.

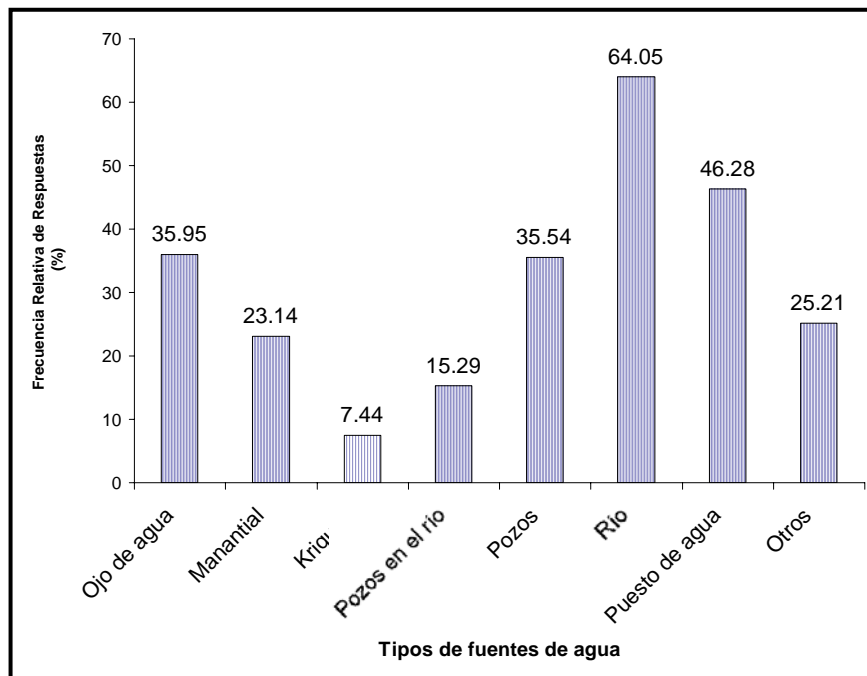


Figura 51. Conocimiento de las fuentes de agua, según los centros poblados de la Subcuenca del Río Jucuapa

Sin duda alguna el hecho de contar con numerosos manantiales en la microcuenca permitió la ejecución de proyectos de agua para consumo humano, desarrollados por CARE. Logro muy importante en la comunidad, ya que en general en todo el municipio de Matagalpa existen graves problemas de abastecimiento de agua para consumo humano. Esto se expresa en la figura 51 donde los pobladores reconocen a los puestos de agua como una de las fuentes de agua importantes en la comunidad y a los manantiales que es precisamente la fuente de donde adquieren el vital líquido. Se puede considerar esta agua como de muy buena calidad para consumo humano, según los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados por el CARE al iniciar los proyectos de agua potable. Es importante valorar este aspecto y dirigir las acciones hacia su conservación y buen uso.

A pesar de que la mayoría de las comunidades cuentan con fuentes de agua superficiales para abastecer la demanda de la población, los usos más comunes en la cuenca alta son doméstico (lavar ropa), consumo (únicamente para tomar) y productivo patio (figura. 52). Esta parte de la Subcuenca tiene más disponibilidad de agua y aunque en poco porcentaje observamos que el agua también es utilizada para riego, es decir parte para la parcela y otra para la producción de café, en esta parte alta se encuentran las tres haciendas cafetaleras más grandes de la Subcuenca. En la cuenca media (figura 53.), los usos más comunes del agua son los mismos que en la alta, pero es importante hacer notar que ya no hay utilización del agua para regar, en algunos lugares se utiliza a muy pequeña escala para los procesos de café y los huertos de subsistencia que tienen en sus patios. En la cuenca baja (gráfica 54), de igual forma que en las anteriores el consumo del agua para tomar y las actividades domésticas es el que más se repite. Es curioso ver que aunque ésta es una de las partes de la cuenca con mucha escasez de agua, se menciona el agua para riego, pero es importante hacer notar que esto se refiere a las familias de productores que tienen vegas a la orilla del río, abundante vegetación, y que de alguna manera han podido mantener el recurso.

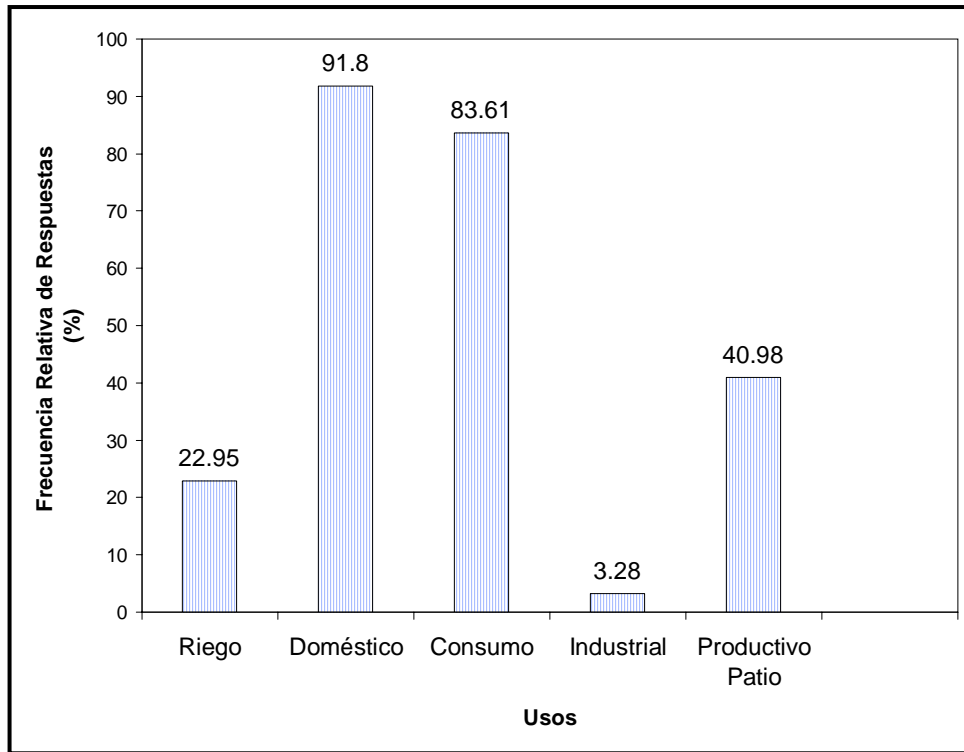


Figura 52. Usos más comunes del agua, según centros poblados de la parte alta de la Subcuenca del Río Jucuapa

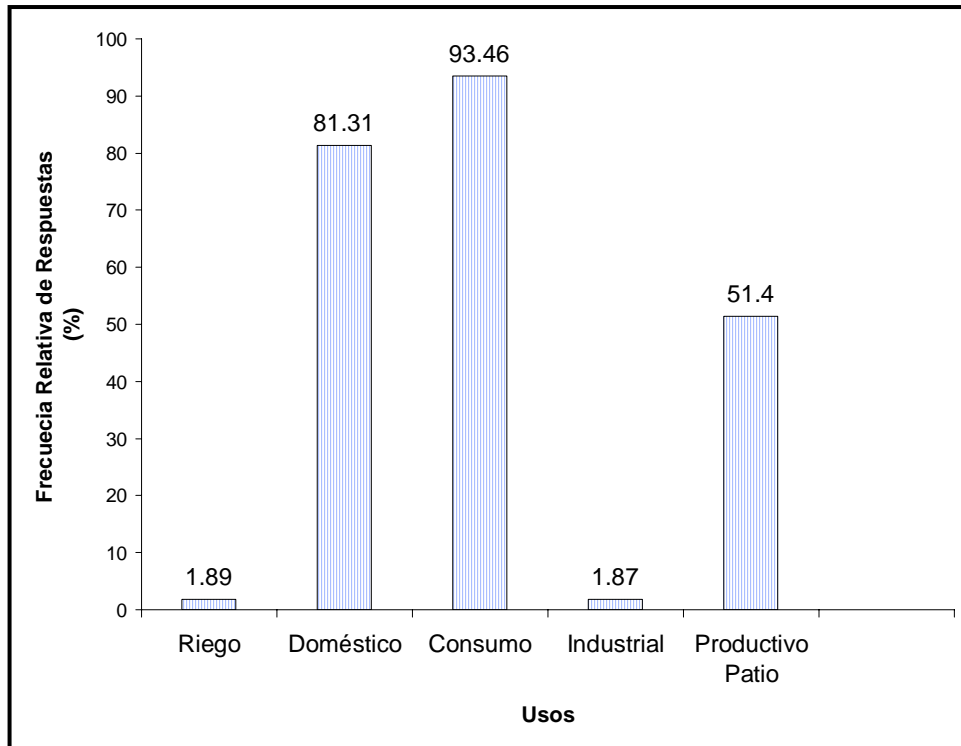


Figura 53. Usos del agua, según centros poblados parte media de la Subcuenca

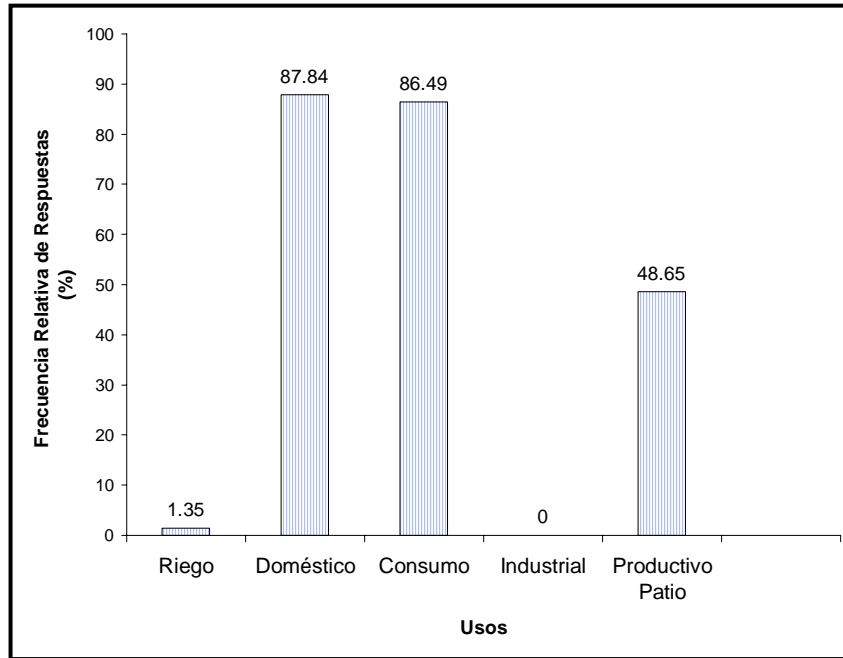


Figura 54. Usos del agua, según centros poblados parte baja Subcuenca del Río Jucuapa

Las encuestas aplicadas reflejan que los pobladores perciben el agua que se utiliza para la casa como un agua limpia por diversas razones, entre ellas citan el hecho de que el agua proviene de la tierra y al realizar los proyectos de agua potable hay un mejor mantenimiento. En cierta manera se nota que hay interés en los pobladores por conservar sus fuentes de agua, ya que existe conocimiento sobre las prácticas que se deben realizar para proteger el recurso (figura 55), siendo la siembra de árboles la actividad por excelencia.

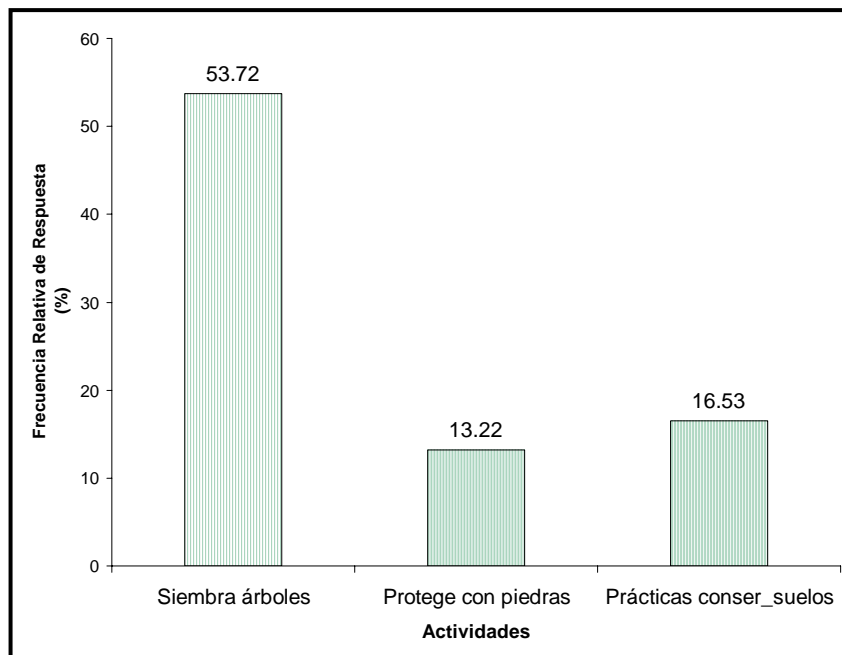


Figura 55. Actividades que realizan los pobladores para conservar las fuentes de agua en la Subcuenca del Río Jucuapa

En la segunda parte de la encuesta las preguntas iban dirigidas a conocer qué percibían ellos sobre el estado del río, por ser éste una de las fuentes más importantes utilizadas por las comunidades cuando no hay agua de otras fuentes. Sin duda alguna las diversas actividades que se realizan en las diferentes partes de la cuenca, impactan negativamente el recurso, así observamos que en la parte alta de la cuenca (figura 56), los pobladores identificaron a la pulpa del café como la mayor actividad que contamina el río, luego las aguas mieles, esto es debido a que las haciendas cafetaleras están ubicadas en la parte alta de la Subcuenca, siendo estas comunidades las que sufren el impacto más cerca de las actividades antes mencionadas. Finalmente se mencionan otras actividades, entre ellas, bañar a los animales en el río o lanzar animales muertos a el Río.

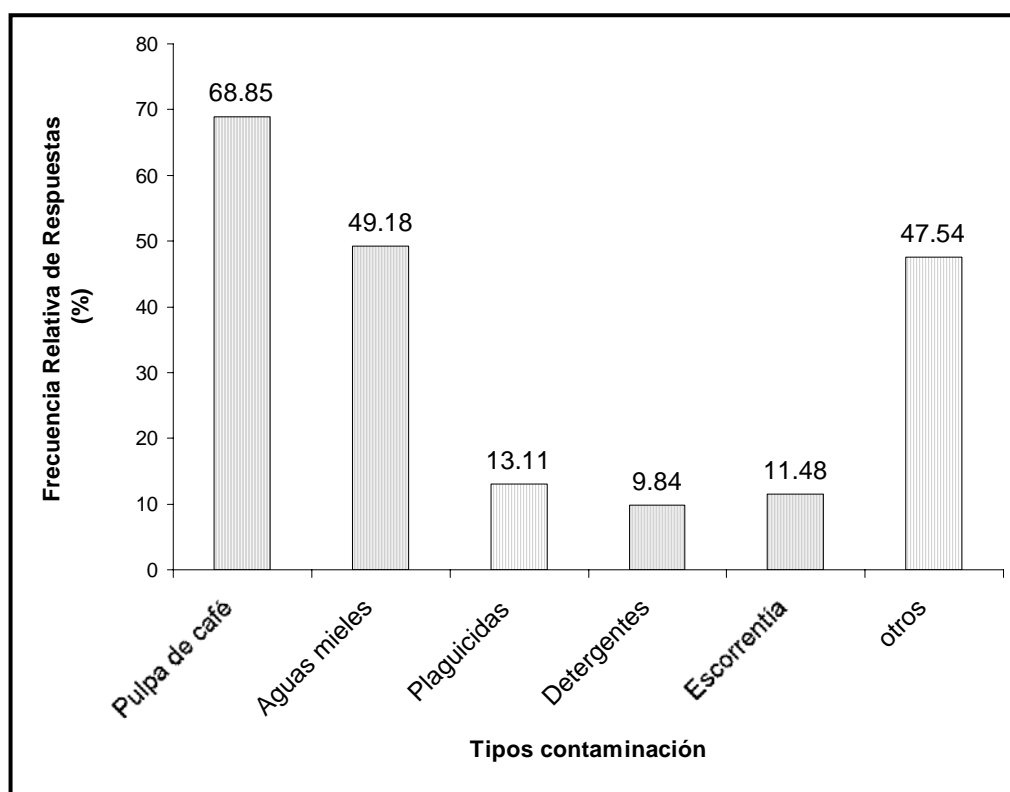


Figura 56. Tipos de Contaminantes del Río Jucuapa, según los centros poblados de la parte alta de la Subcuenca

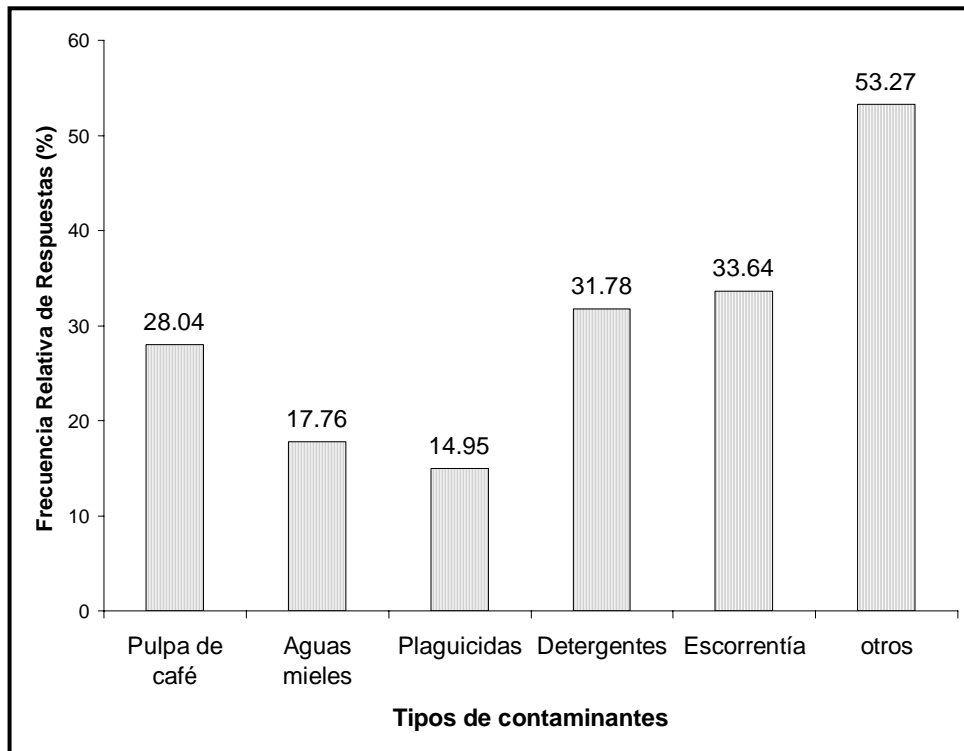


Figura 57. Tipos de contaminantes en el Río Jucuapa, según centros poblados de la parte media de la Subcuenca

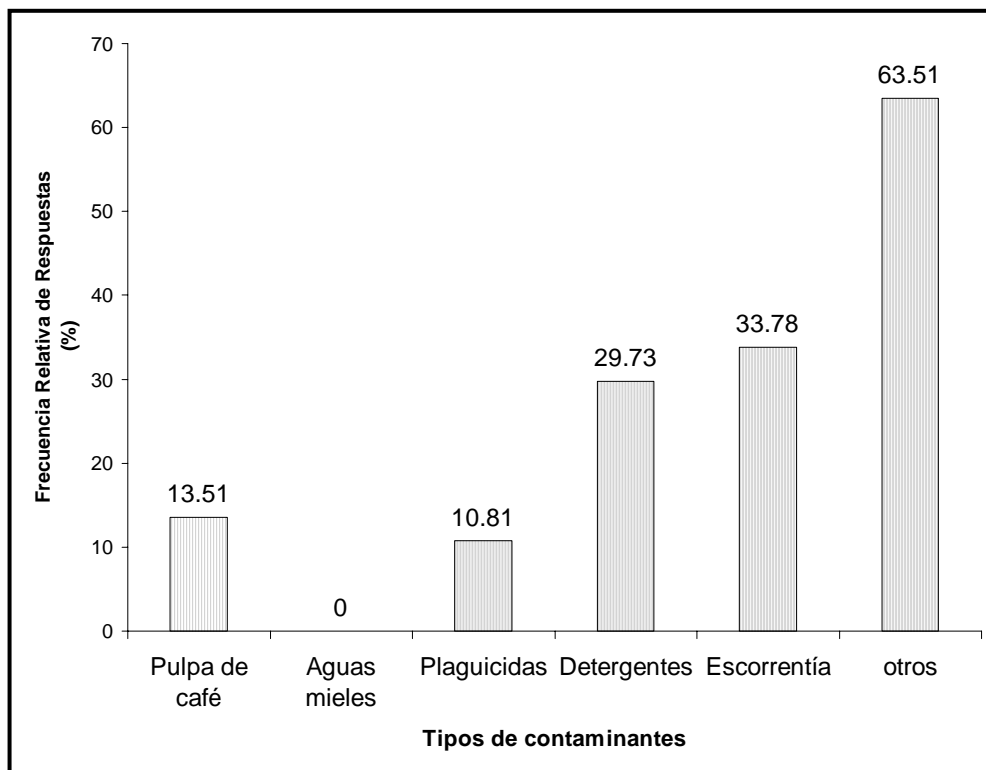


Figura 58. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa, según centros poblados parte baja de la Subcuenca

Por las razones anteriormente expuestas la población percibe el agua del río como sucia (figura 59), lo que significa que las comunidades que no cuentan con otro recurso más que éste no toman agua de calidad, lo que tiene repercusiones graves sobre la salud de la población.

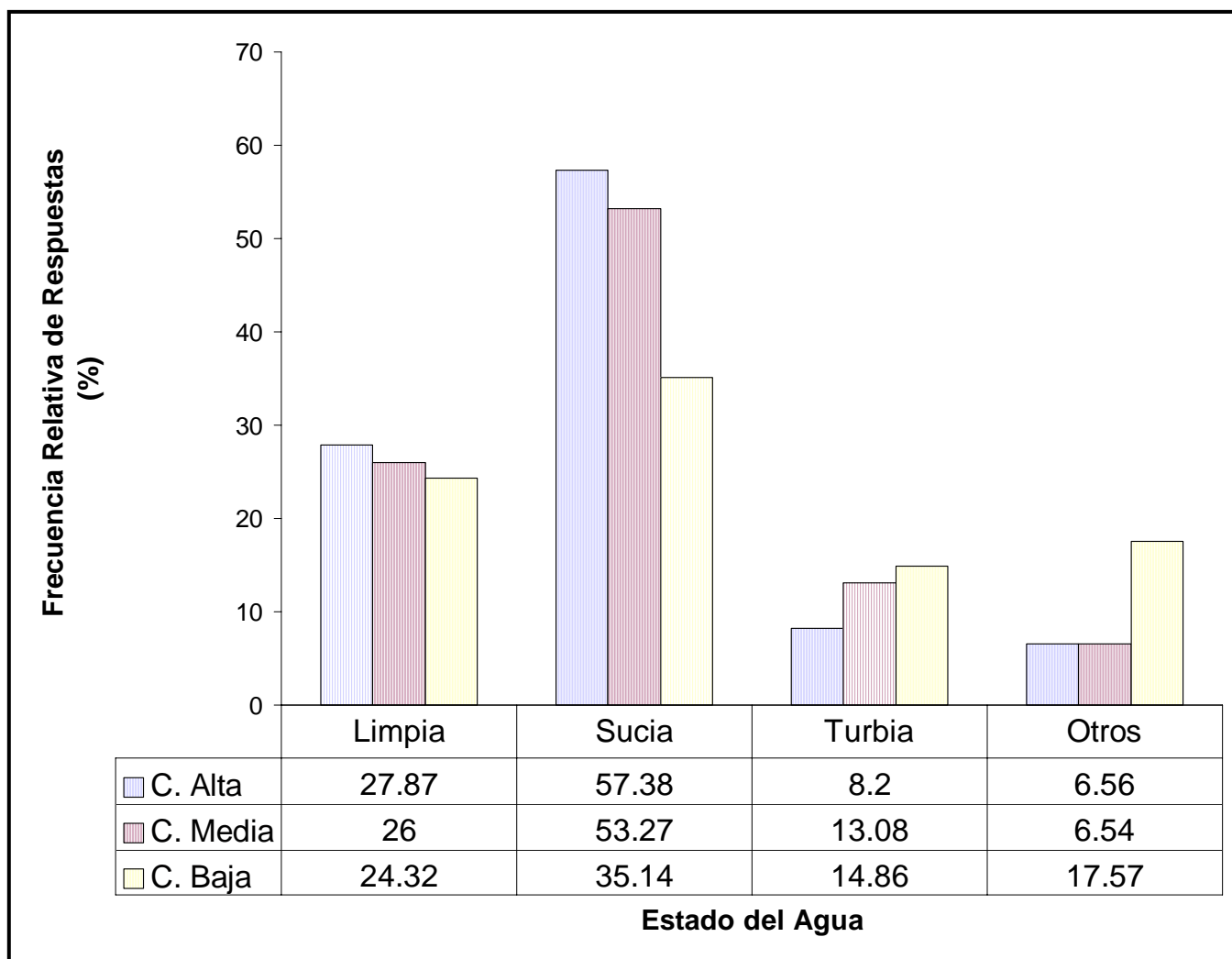


Figura 59. Percepción de los centros poblados del estado del agua del Río de la Subcuenca

Cuando se le pregunto a la población si el agua del río podía ser utilizada para los usos actuales (consumo, regar, bañarse), la mayor parte de la población dijo que si, sobre todo en las comunidades de la parte media y baja, pero haciendo la salvedad que muchas veces esa agua no podía utilizarse para nada pero que tampoco tenían otra opción, pues no había donde más sacar el agua. Es importante hacer notar que en la época más crítica del verano gran parte de los pobladores de la parte baja tienen que abrir pozos en el río para poder realizar las actividades mínimas (bañarse, lavar y llevar agua para consumo y

las actividades domésticas). En épocas de cosecha cafetalera, los pobladores de la parte media que no cuentan con servicio de agua para consumo humano y recorren largas distancias para buscar el agua de consumo, tienen que bañarse en el río, pero el agua que baja de la parte alta de la microcuenca viene con pulpa de café y aguas mieles, que en la mayoría de los casos les causa molestias en la piel.

4.3.2 Percepción de los productores de la Subcuenca del Río Jucuapa

Las encuestas de percepción también fueron aplicadas a un total de 54 productores ubicados a 500 mt en las márgenes del río que también se les hizo una encuesta productiva. En cuanto a las fuentes de agua más conocidas por los productores, se menciona en la figura 60, nuevamente al río como la fuente de agua más importantes, luego de los pozos excavados y los manantiales, esto se debe a que son las fuentes de donde los productores adquieren el agua para regar sus parcelas, sobre todo los que cuentan con ojos de agua en su propiedad. Observamos nuevamente a los puestos de aguas como la tercera fuente mencionada.

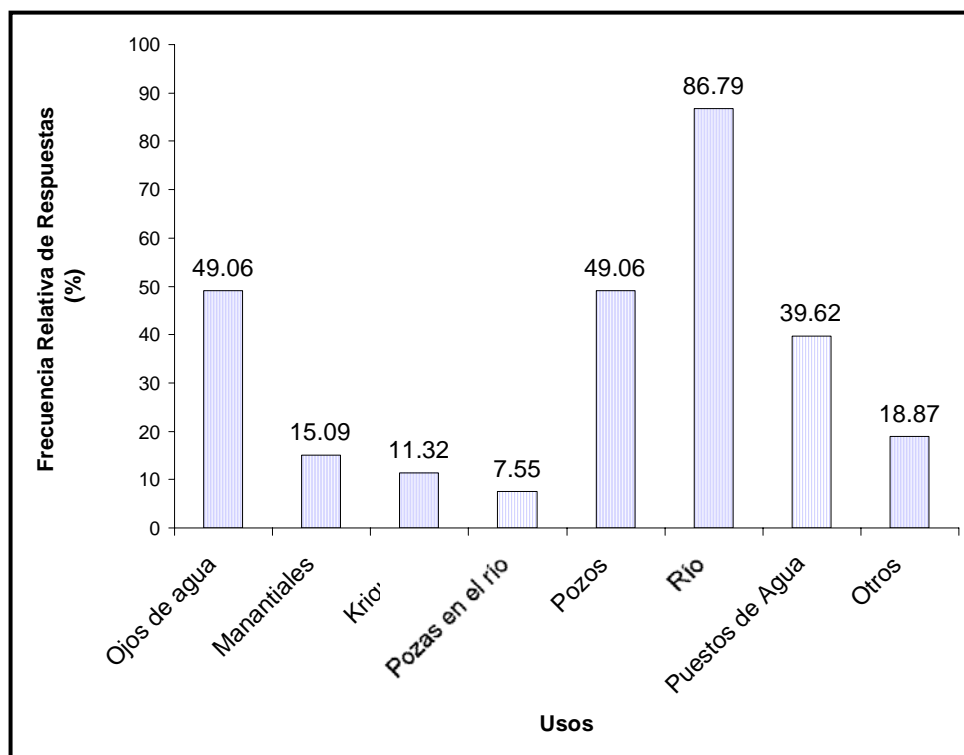
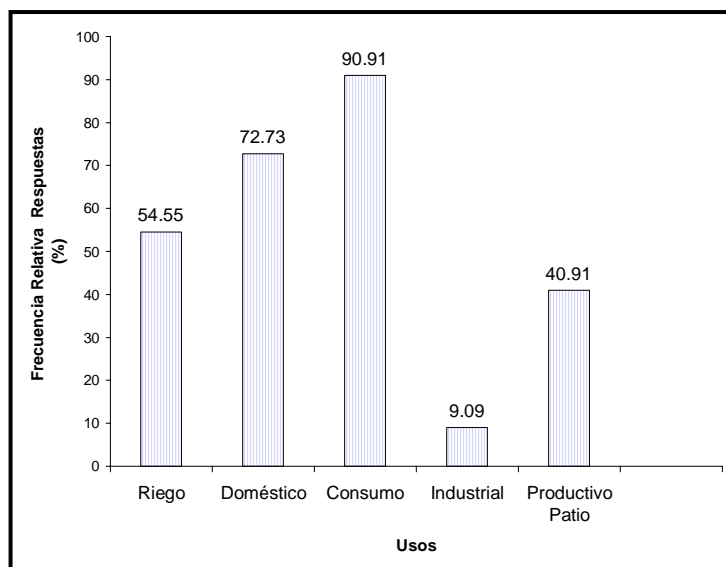


Figura 60. Fuentes de agua más conocidas, según los productores de la Subcuenca

En relación a los usos más comunes de igual forma los productores de la parte alta de la microcuenca (figura 61), mencionan los usos consumo y doméstico, luego el riego y el uso del agua para el patio más que para la parcela, es decir que el uso de esta agua esta

destinada para los animales que tienen en sus casas que son los que ayudan a subsanar un poco las necesidades básicas diarias. En la parte media (figura 62), los valores más altos se presentan en las actividades doméstica y el uso del agua en las actividades del patio (riego de algunas plantas, agua para animales de corral) y a diferencia de esta última en la cuenca baja (figura 63), el que más se menciona es el agua para consumo, nuevamente observamos que hay una conciencia sobre el uso racional del agua, el agua de riego y el utilizado en el patio nuevamente son los productores que cuentan con el



poco recurso.

Figura 61. Usos más comunes del agua, según los productores parte alta de la Subcuenca

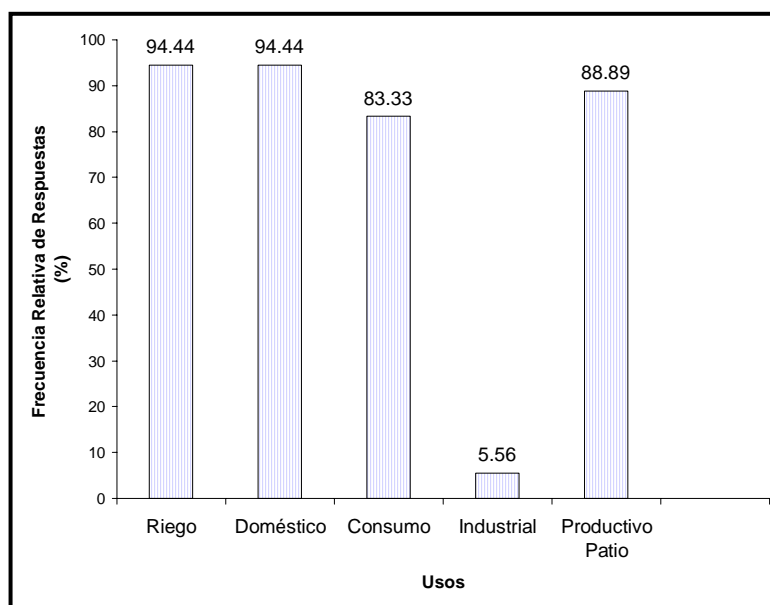


Figura 62. Usos más comunes del agua según productores media de la Subcuenca

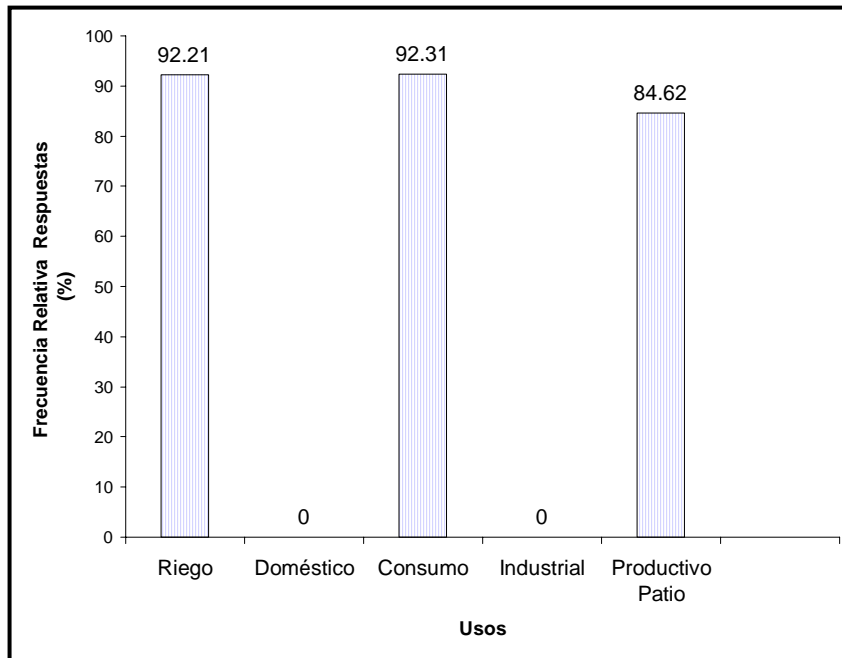


Figura 63. Usos más comunes del agua, según productores parte baja de la Subcuenca

De igual manera que los centros poblados, afirman que el agua para consumo es agua de calidad, porque sale de la tierra y porque ha sido sometida a análisis físico-químicos, así como también se menciona la siembra de árboles como la principal actividad para conservar la fuente de agua (figura. 64), de igual forma la necesidad de proteger el manantial con piedras, en general, eso nos demuestra que los productores tienen idea de la importancia de proteger el manantial, de evitar la escorrentía.

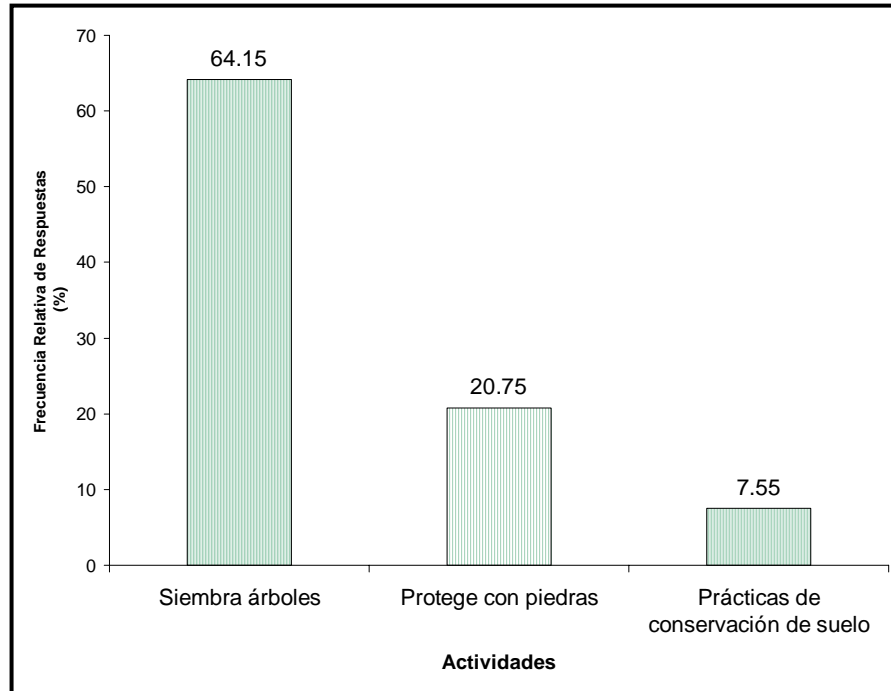


Figura 64. Actividades para conservar las fuentes de agua, según productores de la Subcuenca del Río Jucuapa

En relación a las actividades que contaminan el río, los productores de la cuenca alta (figura 65), a diferencia de los pobladores creen que las actividades que contaminan el río son los animales muertos y basura en primer lugar, luego la pulpa de café y aguas mieles, estas últimas actividades son realizadas mayormente en las fincas de la parte alta de la Subcuenca. Sin embargo, también pequeños productores de estas comunidades tienen pequeños despulpaderos en sus fincas. Los de la cuenca media (figura 66), mencionan también a los animales muertos y basura, luego la escorrentía y en igual proporción el uso de detergentes para lavar la ropa y la pulpa del café. A diferencia de ambos tipos de productores, los de la parte baja (figura 67), solamente mencionan dos actividades que son: los animales muertos, basura y escorrentía, que es arrastrado aguas abajo a causa de todas las actividades que se realizan aguas arriba.

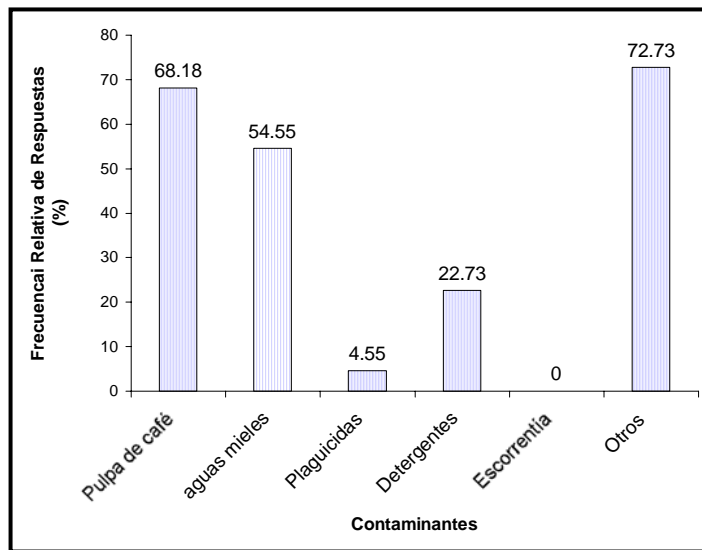


Figura 65. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa, según productores parte alta

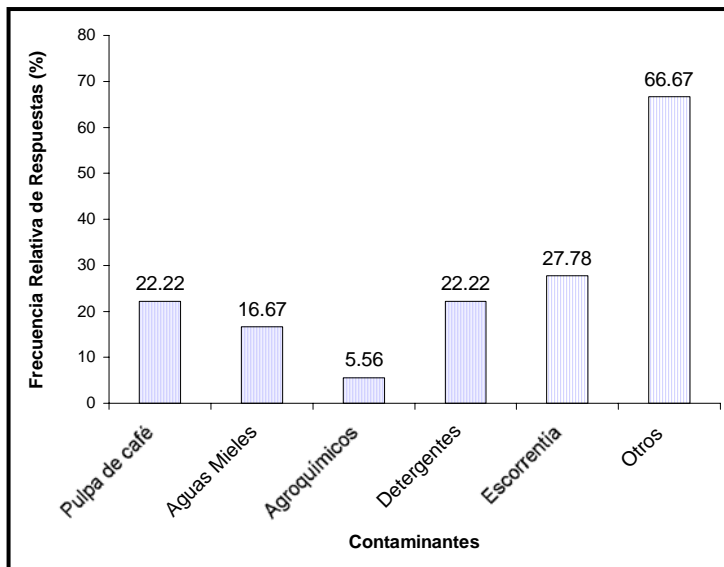


Figura 66. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa, según productores parte media

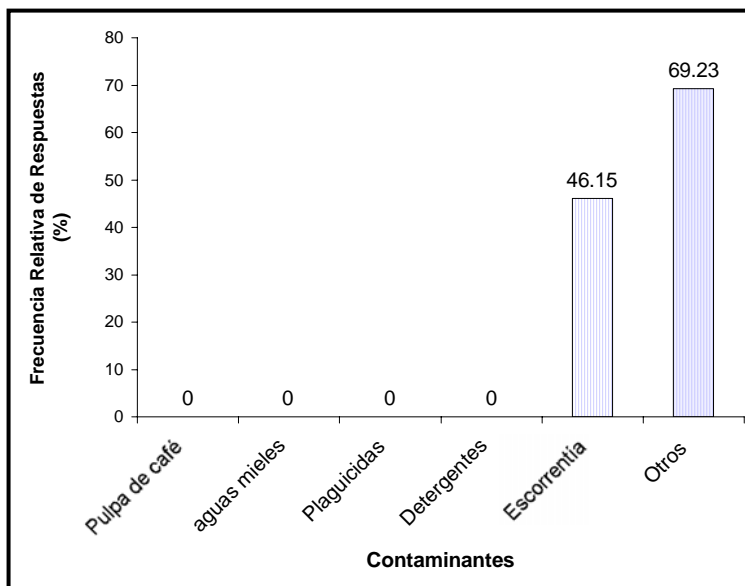


Figura 67. Tipos de contaminantes del Río Jucuapa, según productores parte baja

Los productores de la zona alta (figura 68) perciben el agua como sucia, de igual forma en la parte media, perciben que el agua del río esta sucia, en esta parte de la Subcuenca se encuentran asentadas la mayor cantidad de personas. Muchas de estas personas utilizan el río para lavar y realizar otras actividades que no pueden cubrir con la poca agua que llega de los proyectos de agua potable y en la parte baja, perciben el agua del río como limpia, esto se debe a que en la parte baja en época seca el río se corta en ciertos lugares, la poca agua que hay en el río es porque los productores la represan y la conservan limpia, ya que es la única agua con que cuentan para toda la temporada seca.

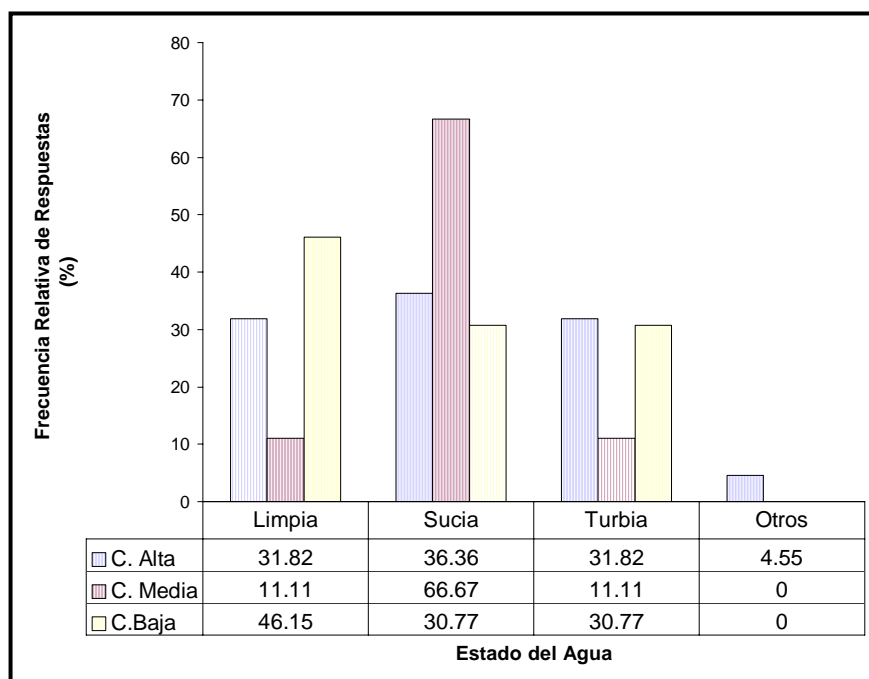


Figura 69. Percepción de los productores de la Subcuenca, sobre el estado del agua del Río Jucuapa

Es fundamental rescatar que ambos grupos, mencionan y reconocen al Río Jucuapa como una la fuente más importante con que cuentan, ya que este recurso siempre esta disponible para cualquier uso, aunque estén claros y concientes que no es agua de buena calidad, para algunos usos como consumo. Sin embargo, para muchas familias de la parte baja de la Subcuenca no existe otra alternativa y tienen que utilizarlo para todo. Ambos grupos coinciden es que el Río Jucuapa se encuentra contaminado, los centros poblados mencionan contaminación debido a la pulpa de café, aguas mieles, animales muertos y basura, esorrentía los de la parte de abajo. Pero a diferencia de éstos últimos los productores mencionan a los animales muertos, basura, a la utilización del cuerpo de agua para bañar animales domésticos.











Es importante hacer notar que ambos grupos se culpan de la contaminación de las aguas del Río, nadie quiere asumir los impactos que sus actividades tienen en la calidad del agua del río. Una vez más esto es debido a la poca conciencia ambiental o bien a la falta de conocimientos, actitudes y motivaciones que la población tiene sobre la importancia del recurso, esta claro que valoran el agua, por ser esta esencial en todas las actividades humanas, pero no hay conocimiento de los efectos que algunas actividades tienen en la calidad de ésta. De igual forma los organismos que han trabajado en la zona, no han incluido en sus programas este aspecto de vital importancia.

4.3.3 Taller de Percepción de Calidad del Agua

Se realizó un taller participativo con los líderes comunales, de cooperativas, movimientos de mujeres, comités de agua, para conocer la percepción sobre la calidad del agua para los usos actuales de la microcuenca del río Jucuapa. Asistieron al taller 22 líderes comunales de toda la microcuenca. De éstos había una representación de los comités de agua, dichos comités fueron conformados y capacitados una vez que se hicieron los proyectos de agua potable para darle mantenimiento a las captaciones de agua. Con el taller también se pretendía conocer qué tan capacitados estaban para manejar las captaciones y para resolver algunos problemas que se presenten en el camino están los miembros de cada comité.

Los líderes comunales se invitaron para conocer la conciencia sobre el uso, manejo adecuado y conservación del recurso agua, por ser estos los que estén a la cabeza de la población. Cada parte de la cuenca tiene sus necesidades en particular, diferentes características fisiográficas y sus problemas, el taller pretendía de cierta manera la retroalimentación de todos los habitantes de la comunidad de Jucuapa, a fin de que ellos mismos identificaran sus problemas, analizaran sus consecuencias y buscaran soluciones conjuntas. Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Pregunta 1: CÓMO ERA EL AGUA ANTES Y COMO ES AHORA ?

ANTES		AHORA
El agua no se racionaba		Menos agua debido al despale
Ríos caudalosos con abundantes peces		Solamente piedras hay y la poca agua es pesada para tomar
Fuertes manantiales (12 gl)		Menos caudal (8gl)
Más agua y poca población		Igual cantidad de agua, pero Mayor población.
Buenos inviernos y más Agua disponible		Inviernos pobres y proyectos que utilizan en agua de los manantiales para hacerla potable por eso hay menos agua que llega al río.
Pozos de buena calidad que abastecían a todos		Proyectos de agua potable, pero se raciona en verano, los pozos sólo se llenan en invierno.
Agua abundante, limpia y fresca		Poco agua, sucia y caliente Debido al despale y la Contaminación.
El agua podía utilizarse para todo los usos		No hay agua ni para tomar
Agua abundante y de calidad		Menos agua de menos calidad

Cuadro 10. Resultados del taller de percepción: Usos más importantes del agua

Comunidad	Uso doméstico	Consumo humano	Uso agrícola	Uso Industrial (lavado de café)
Limixto	Es agua limpia, pero no hay suficiente, se tiene que buscar a largas distancias	Existe un proyecto de agua potable, el agua se clora cada mes. Hay lo necesario para tomar	No se utiliza el agua para este fin debido a la escasez	La zona no es apta para este cultivo
Jucuapa occidental	No hay suficiente agua, sin embargo existe un proyecto de agua potable, aunque en verano se tiene que racionar el agua	Es buena y limpia se clora cada mes	No hay agua para este fin, de ninguna fuente, ya que el río se seca	La zona no es apta para este cultivo
Ojo de agua	El agua es limpia, se usa cloro en el sistema de agua potable, hay suficiente agua en invierno y es fácil de usar.	Es agua limpia, de buena calidad, se raciona y es fácil de usar pues la tienen a la mano.	Se utiliza agua de algunos pozos	No es apta para este cultivo
Jucuapa Centro	El agua es limpia ya que proviene de manantiales, pero es insuficiente porque la población ha aumentado. No es fácil de encontrar para un 40 % de la población que no cuentan con este servicio.	El agua llega a través de tuberías se clora mensualmente, pero hay que racionarla para la época seca	No se utiliza para este fin	Para esta actividad se usan manantiales privados que son conservados por los dueños porque abastecen de agua en todo el año
Las Mercedes 1 y 2	Existe un proyecto de agua potable, donde el agua se clora cada 15 días. En verano disminuye	Es agua apta para consumo porque recibe tratamiento y se clora. Hay suficiente porque	Se utiliza el agua del río para este fin, pero solamente las personas que	Solamente las haciendas de la parte alta utilizan el agua para

	el caudal, debido al despale y al aumento de la población, aunque no toda es abastecida y una gran parte tiene que traerla desde largo.	se le da buen uso y manejo, llega por gravedad a través de tuberías.	tienen motor, por tal razón no es fácil de usar por falta de recursos	este fin, ya que cuentan con manantiales dentro de sus fincas.
El Ocotal	También existe proyecto de agua potable, donde el agua recibe cloración cada 2 meses y es supervisada por UNON (Unidad de Operación y Mantenimiento, ENACAL). El agua en esta comunidad es un recurso fácil de buscar, ya que se cuenta con puestos domiciliarios	A pesar de que la población ha aumentado y ha disminuido la capacidad de la fuente de agua, el agua es suficiente para abastecerlos a todos, también se abusa en el consumo ya que se utiliza para los animales, el agua también llega a cada casa por tuberías.	Se utilizan pequeños manantiales ubicados en las parcelas, pero son de bajo caudal, utilizándose por tuberías, usando la gravedad	Se utiliza agua del río o de las represas, no es agua limpia y hay lo necesario, se transporta a través de mangueras

Cuadro 11. Resultados Taller de Percepción: Alternativas que mejoren los Usos del Agua

COMUNIDAD	ALTERNATIVAS
Limixto	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apoyo de ONG's <input type="checkbox"/> Reforestación de las fuentes de agua <input type="checkbox"/> Mantenimiento adecuado a los tanques de almacenamiento <input type="checkbox"/> Respeto y aplicación del reglamento del proyecto
Jucuapa Occidental	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Reforestar las fuentes de agua <input type="checkbox"/> Ayuda de ONG's <input type="checkbox"/> Adecuado mantenimiento y buen uso del agua para evitar derroches
Ojo de agua	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ayuda de ONG's, para conseguir materiales que ayuden a la cloración del agua y para realizar proyectos en pro del desarrollo de la comunidad. <input type="checkbox"/> Asistencia técnica para reforestar
Jucuapa Centro	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Reforestación de los manantiales <input type="checkbox"/> Reorganización del comité de agua potable

	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Utilización adecuada y racional del agua
Las Mercedes 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Buscar fuentes de agua alternativas para abastecer a toda la población. ❑ Reforestación de las fuentes de agua ❑ Evitar la contaminación del agua del río. ❑ Exigir a los cafetaleros de la parte alta de la microcuenca el buen uso de la pulpa ❑ Ayuda de ONG´s para llevar a cabo estas acciones
El Ocotal	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Hacer conciencia en los beneficiarios sobre el uso adecuado del agua. ❑ Mantenimiento adecuado y conservación de los manantiales ❑ Evitar las quemas y el despale ❑ Reforestación en el área del manantial ❑ Racionar y controlar el uso del agua por la comunidad ❑ Aplicación del reglamento interno del proyecto de agua potable

4.3.4 Comités de Agua

Estos comités trabajan voluntariamente para el mantenimiento de las captaciones, la mayoría de las personas que lo conforman son líderes que han trabajado como brigadistas de salud, cuentan con una conciencia ecológica que han formado a lo largo de estos años, parte de esto es resultado del trabajo realizado por CARE, con los proyectos de agua potable y de los Técnicos de ENACAL-GAR (Empresa de Acueductos y alcantarillados. Gerencia de Acueductos Rurales). Este último se encarga de dar asistencia técnica y vigilancia en el uso y manejo de los proyectos.

Para los miembros del Comité de agua, el concepto de calidad de agua está ligado a su trabajo en las captaciones a los talleres de capacitación que han recibido para tal fin. A rasgos generales tienen claro de lo que significa la calidad del agua y todos coinciden que para que un agua se encuentre en buena calidad o buen estado debe estar limpia, relacionan las características organolépticas del agua con la calidad (no debe tener color, ni sabor amargo), señalan que debe de recibir un proceso de desinfección por medio de cloro para eliminar microbios, que el manantial debe estar bien tapado para protegerlo de contaminantes provenientes de letrinas, agroquímicos. Se nota de esta manera que hay una conciencia ambiental, al menos en teoría, que están capacitados para manejar las

fuentes de agua. Las respuestas coincidieron en que muchas veces la calidad del agua dependía del manejo que la población le daba al agua una vez que salía de las tuberías, que el agua era transportada a través de éstas, que iba clorada para garantizar un agua de calidad. El análisis que hacen es interesante, ya que combinan una serie de factores para dar respuesta a una necesidad primordial como es la cantidad y principalmente la calidad del agua

Sin duda alguna los análisis de agua realizados en el inicio del proyecto ejecutado por CARE, en el monitoreo que le da la Empresa de Acueductos y Alcantarillados (ENACALGAR) y el cuidado y protección constante de los manantiales, son para ellos elementos indispensables para afirmar que tienen un agua de calidad, sin contaminación. Por tal razón apta para consumo.

En general Matagalpa, es uno de los Municipios con graves problemas de abastecimiento de agua para consumo humano, necesidad que tienen que suplir por medio de las fuentes superficiales de agua, en este caso los ríos impactados fuertemente con la pulpa del café. Las comunidades rurales no escapan de este problema, sin embargo Jucuapa cuenta con estos manantiales que de alguna manera han solventado el problema de agua. Los miembros de los comités están claros y conscientes de los problemas de escasez de agua que enfrenta la zona, hacen una relación con el tiempo en que demoraba en llenar el tanque antes y ahora. Por ejemplo antes el tanque de 4,000 galones se llenaba en 7 horas y ahora se llena en 12 horas, por estas razones deben de racionar el agua, perciben los problemas climáticos y las malas prácticas agrícolas, como los factores principales causas de la escasez de agua. Estos grupos tienen conocimiento y visión de lo que es calidad del agua y de los problemas que significan las prácticas agrícolas inadecuadas. Sin embargo, falta una mejor organización y monitoreo de las organizaciones encargadas en vigilar la calidad del agua para que éstos den un mejor y efectivo manejo a las captaciones de agua para consumo.

4.3.5 Instituciones y ONG's que trabajan en la zona

Las acciones que se lleven a cabo en la microcuenca deben estar dirigidas por un grupo de personas que además de conocer bien la problemática que existe en la zona, tengan conocimientos de los conceptos fundamentales, de los parámetros e indicadores que rigen la calidad del agua. Por tal razón no podíamos dejar por fuera el análisis de las

percepciones en cuanto a la calidad del agua de las instituciones gubernamentales encargadas en velar por la calidad del agua y de las ONG's que tienen presencia en la zona. Se realizaron encuestas en 6 instituciones: Alcaldía Municipal de Matagalpa que es uno de los actores principales en la zona, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), que a pesar de ser quién regula todo lo relacionado al medioambiente, tiene muy poca o ninguna presencia en la zona, Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), que es la contraparte nacional del proyecto FOCUENCAS-CATIE-ASDI-Nicaragua, Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Matagalpa (ENACAL-GAR), que son los que le dan monitoreo a las captaciones de agua, Ministerio de Salud (MINSa), que por ser el ente encargado de velar la salud, en su componente de Epidemiología contemplan el monitoreo de las fuentes que abastecen de agua a la población rural y el proyecto FOCUENCAS-CATIE que es el único proyecto que esta trabajando directamente en la Subcuenca del río Jucuapa.

Las preguntas iban dirigidas a la problemática que estaban atendiendo en la zona, al concepto de calidad de agua y a las respuestas que ellos daban a los problemas que podían presentarse en la calidad del agua. De todas las instituciones entrevistadas, únicamente el ENACAL Y el MINSa, trabajan directamente en las fuentes de agua, ambas monitoreando y clasificando las fuentes potenciales de contaminación.

◆ **Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL):** Se crea en 1998, por decreto Presidencial (Ley No. 276). Es una entidad de giro comercial, personería jurídica y patrimonio propio, tiene como objetivo brindar servicio de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, dicha empresa tiene sucursales en todos los departamentos del país. (Nicaragua , Leyes, 2000). En Jucuapa esta institución, a través de la Gerencia de Acueductos Rurales, cuenta con un técnico que visita las zonas rurales para identificar las fuentes de contaminación. Esta institución está bien equipada y cuentan con un laboratorio portátil tipo OXFAN, con el que las muestras son tomadas y luego llevadas al laboratorio con que la empresa cuenta. Cuando hay problemas de contaminación de alguna fuente de captación de agua, se realizan análisis de coliformes fecales y se realizan las medidas de corrección clorando el agua. En cuanto al concepto de calidad del agua, expresan que una agua es de buena calidad cuando esta libre de contaminación por bacterias, químicos y minerales.

◆ **Ministerio de Salud:** A través de la Dirección de Higiene y Epidemiología, trabajan en las comunidades rurales, realizando visitas a las captaciones para diagnosticar posibles focos de contaminación. Este departamento está conformado por un profesional especialista en Epidemiología y por dos técnicos que son los que van al campo a tomar las muestras de agua, que luego son llevadas al laboratorio del Ministerio. Cuando se identifican problemas de contaminación realizan un examen bacteriológico (coliformes fecales) a las captaciones o pozos, así como también son desinfectados y cloración del agua a nivel domiciliario. Finalmente se orienta a la población cuando hay usos indebidos del agua. Es muy importante destacar que cuentan con un promotor de salud en cada comunidad que se encarga de atender a la población en caso de enfermedades básicas y en orientarlos en el manejo del agua. Por calidad entienden a las condiciones que debe reunir determinado sujeto, servicio o material, para que sea aceptado al incursionar en una actividad. En este caso, el agua debe de estar libre de patógenos y bacterias que indiquen contaminación fecal.

Ambas instituciones trabajan en el área en la medida de sus posibilidades, no cuentan con el personal suficiente, ni con los recursos económicos como para dar un seguimiento continuo a las fuentes de agua. Las programaciones son por mes para todas las comunidades rurales del municipio de Matagalpa, por tal razón solamente pueden ir a la comunidad 1 vez al año. No existe entre ellas relación interinstitucional para sumar y coordinar esfuerzos, cada una trabaja por su lado lo que impide la maximización de los resultados. En los dos muestreos realizados en algunas fuentes de captación y abastecimiento de agua apoyado por ambas instituciones se identificaron dos fuentes con coliformes fecales, ambas ubicadas en una de las comunidades más pobres de la subcuenca y con mayores problemas de agua para consumo. El primer muestreo se realizó con el MINSA y el segundo con el ENACAL y en ambos los mismos pozos resultaron con contaminación, sin que hasta el momento del segundo muestreo el problema se hubiese resuelto.

Tampoco se está trabajando de cerca con los miembros de los comités de agua, ya que no hay vigilancia por parte de las instituciones de que todo se lleve adecuadamente, solamente acuden a ellos cuando se presenta un problema de calidad de agua.

◆ **Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales – Matagalpa:** Es la institución encargada de velar por la conservación y manejo de los Recursos Naturales, sin embargo, o tiene presencia en la zona, están concientes de los problemas graves de escasez de agua, en todo el municipio, expresan que su función a nivel general es promover acciones tendientes a mejorar el manejo de las microcuencas, pero a pesar de eso, esta presencia y estas funciones no son aplicadas en campo ya que su papel esta siendo solamente de carácter normativo.

◆ **Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA):** Este año inició sus acciones en la subcuenca como contraparte de FOCUENCAS, hay un técnico encargado de las actividades y están dirigiendo sus acciones en la rivera del Río Jucuapa, dando asistencia técnica para evitar quemas. Por calidad de agua entienden como la característica que debe contener un material o un elemento natural, de tal forma que esté en excelente condición para que sea aceptado por los seres vivos. El agua debe estar libre de contaminación y protegida. A pesar de tener visión de lo que es calidad del agua, solamente están dándole seguimiento a los proyectos de desarrollo impulsados por el Proyecto FOCUENCAS. Falta más preparación técnica en los temas relacionados al manejo de manantiales, mejor uso del agua y producción de sistemas de mejoramiento de café.

◆ **Alcaldía Municipal de Matagalpa:** Trabaja en coordinación el INTA con el apoyo de FOCUENCAS, acompañando la ejecución de los proyectos de desarrollo que se realizan en la subcuenca (reforestación, control de quemas, adecuado uso del suelo, seguridad alimentaria). Expresan que una agua se considera de calidad cuando está libre de bacterias, materia orgánica, plaguicidas, cualquier agua libre de contaminante y que tenga un pH de 7. La Alcaldía Municipal tiene la máxima autoridad en el municipio, por tal razón parte de su función es coordinar con las instituciones encargadas para resolver los problemas relacionados a la calidad del agua a nivel de municipios. Es una institución que depende de los fondos del Gobierno Central, por lo tanto tiene muchas limitaciones para movilizarse en todas las zonas, no tiene capacidad técnica, administrativa, ni económica para el manejo del recurso agua.

◆ **Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local en el Manejo de Cuencas y prevención de desastres (FOCUENCAS-CATIE-ASDI):** Actualmente FOCUENCAS esta apoyando a las comunidades, con proyectos de desarrollo local considerando al agua como un recurso integrador (riego, crianza de aves de patio, reforestación) que ayuden en la calidad de vida de la población. Sin embargo, la falta de información de muchos aspectos en la zona le impide la toma de acciones, para solventar un poco la necesidad de información FOCUENCAS está realizando estudios en la subcuenca a través de los estudiantes de maestría de CATIE. Los resultados y recomendaciones producto de estos trabajos de investigación, pueden dar criterios suficientes al proyecto para la toma de decisiones y nuevas acciones en la Subcuenca a fin de mejorar el nivel de vida de sus habitantes y la aplicación del concepto de Manejo Integrado de Cuencas.

4.4 Propuesta y alternativas para la toma de decisiones que permitan mejorar el control de la calidad del agua.

Nicaragua es uno de los países de América Central más beneficiado en cuanto a recursos hídricos se refiere, contando con uno de los lagos más grandes del continente y con numerosas cuencas hidrográficas que drenan hacia el Atlántico y el Pacífico. Sin embargo la distribución espacial y temporal de las lluvias, la distribución natural de sus vertientes y acuíferos y el paulatino deterioro de sus fuentes de agua generado por el desarrollo de las ciudades, la industria y la actividad agrícola, ha significado una relativa reducción de sus disponibilidades de agua. (MARENA, 2001).

En términos generales puede decirse que en el país la calidad de las aguas de las fuentes superficiales y subterráneas ha sido relegada a un segundo orden de importancia tanto por instituciones, como por los usuarios y la sociedad en general, a excepción de las fuentes de abastecimiento de agua a la población y los centros urbanos. Por tal razón se carece de información suficiente y adecuada sobre la calidad y cantidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas. (MARENA, 2001).

La Subcuenca del Río Jucuapa en Matagalpa no escapa de esta realidad, este vacío de información nos impide pasar de la situación actual a la ideal, hacen falta elementos que nos permitan impulsar acciones y programas para mejorar el nivel de vida de la población.

Este trabajo de tesis tiene como objetivo general el diseño de una línea de base informativa sobre la calidad del agua en la Subcuenca del Río Jucuapa en función de los usos actuales.

Una Línea Base, se define como el “marco de referencia cualitativo y cuantitativo que sirve para poder analizar los impactos y cambios a nivel físico-biológico y socioeconómicos, relacionados con la implementación de actividades de un plan o proyecto”. Esta línea base se puede obtener del diagnóstico y con base en la experiencia y conocimiento de expertos, en algunos casos se utilizan acciones previas para determinar la línea base y se aplica cuando no hay datos, por lo tanto el proyecto establecerá una referencia directa sobre la cual se podrá evaluar el proceso. (Faustino, 2001).

Los resultados obtenidos en el trabajo nos muestran un escaso y mal manejo de los recursos hídricos de la subcuenca del Río Jucuapa, siendo este último, el recurso más importante para todas las actividades, sin embargo no existe un manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos tanto de la población como de las haciendas cafetaleras en la parte alta de la Subcuenca donde no solamente hay influencia de las actividades del café sino de pequeños asentamientos que existen en ellas y peor aún no hay una conciencia ambiental de los pobladores hacia los recursos naturales.

Bajo estos lineamientos las propuestas van dirigidas para el buen manejo y conservación del recurso hídrico en la Subcuenca, que es uno de los problemas primordiales no solamente en Jucuapa sino en todo el Departamento de Matagalpa. Se proponen tres aspectos o componentes principales, el primer componente es la educación ambiental como una herramienta inicial, el segundo componente a corto y mediano plazo son los esfuerzos orientados a la disminución de la contaminación del agua, dirigido a la adopción de nuevas tecnologías y alternativas a los medianos y pequeños cafetaleros de la zona, a fin de que se disminuyan los impactos sobre el recurso y que se aprovechen los subproductos del café y un tercer componente a largo plazo que permita evaluar el estado del agua, la presencia de otros tipos de contaminantes y el monitoreo de la calidad del agua. A continuación se describe cada componente:

4.4.1. Componente de Educación Ambiental

La educación ambiental en Nicaragua, es un campo incipiente, por eso los programas o actividades adolecen de este componente, lo que limita la creación de valores ambientales que faciliten el cambio de actitudes hacia el respeto de todas las formas de vida.

Como resultado de los planteamientos internacionales sobre la importancia de la educación ambiental, en 1994 el Gobierno de Nicaragua mediante decreto Ejecutivo No 27-94 crea la Comisión Nacional de Educación Ambiental, con el objetivo de generar y establecer en la sociedad Nicaragüense una conciencia ambiental a través de la educación, capacitación y participación activa en tareas ambientales, a fin de crear una base sólida para el establecimiento de un desarrollo sostenible. Sin los esfuerzos de establecer la educación ambiental en todos los niveles las leyes como: Ley General del Medioambiente y los Recursos Naturales, Ley General Forestal, entre otras no tienen cabida si no se ejecutan estrategias de educación ambiental (PANIC,2001).

La educación ambiental es un proceso educativo y como tal deben definirse etapas que permitan los cambios de conducta de una manera gradual. Cuyos fines principales son que la población tome conciencia y asuma su responsabilidad respetando las formas de vida y ciclos vitales, más importante aún es que tengan acceso al conocimiento y adquieran aptitudes, actitudes, valores y motivaciones para trabajar individual y colectivamente (MARENA, 2002).

En la Subcuenca del Río Jucuapa la educación ambiental es necesaria en todos los niveles de la población, (Morales 2001), propone las siguientes alternativas que pueden ser aplicadas a la zona en estudio:

◆ **Educación ambiental formal:** Proceso participativo dirigido por especialistas, se inicia en la escuela básica, relacionada con el diseño y contenido de los currículos de los diferentes niveles de la enseñanza. En Jucuapa se brinda educación a nivel primaria y hacia esos centros educativos estaría dirigido el programa, de igual manera a los maestros de estos centros para que exista una apropiación e implementación de los métodos aprendidos una vez que el proyecto finalice

◆ **Educación Ambiental Inducida:** Impartida a grupos grandes y pequeños de productores de café, comunidades muy específicas. En esta parte el trabajo se realizará a través de los grupos organizados en la subcuenca como las cooperativas de productores, grupos de mujeres, comités de agua, promotoras de salud, dueños de las Haciendas del límite o parte aguas de la Subcuenca.

En el municipio de Matagalpa ya existen experiencias en educación ambiental que se pueden retomar y mejorar. Sin embargo los temas específicos que se proponen para la subcuenca del Río Jucuapa deben estar enfocadas en :

Proyectos de educación ambiental para clasificar y tratar residuos sólidos: A fin de reutilizar estos productos y que éstos sean una alternativa económica para los productores o mujeres productoras a nivel de huertos o patios.

Capacitación y enseñanza-aprendizaje a los productores cafetaleros: Sobre la adopción de conocimientos que les permitan asumir la responsabilidad de la contaminación, dirigiendo esta capacitación a la reducción de fuentes contaminantes. Enfocar estos esfuerzos en la búsqueda de alternativas de producción limpias haciendo énfasis en los beneficios y ventajas de éstas nuevas prácticas, a través de fincas demostrativas.

Mayor planificación y capacitación a nivel comunitario: Especialmente en los comités de agua potable, que les permita una vigilancia adecuada y responsable de la calidad del agua, de tal manera que respondan rápidamente con los recursos disponibles a la hora que se presente un problema de calidad de agua.

4.4.2. Componente Reducción de la contaminación del agua

En el norte de Nicaragua (Departamentos de Matagalpa y Jinotega), el beneficiado de café se caracteriza por un elevado consumo de agua y la consecuente generación de grandes cantidades de agua residual (material orgánico que se debe eliminar del fruto), cuyo destino final es la corriente de agua en los ríos cercanos. En esta zona se realiza el beneficiado húmedo tradicional donde se utiliza agua sin ningún control, excepto la

impuesta por la disponibilidad del líquido, por tal razón las instalaciones son ubicadas a la lado de un curso de agua. (MARENA,2000).

Los mayores impactos en la Subcuenca del Río Jucuapa son causados por tres Haciendas cafetaleras ubicadas en la parte alta, a esto se le suman pequeños productores de café que tienen despulpaderos tradicionales a la orilla del río. Ninguno de ellos cuenta con sistemas de tratamientos para las aguas residuales, ni con tecnologías modernas para llevar a cabo los procesos de beneficiado. Por tal razón es importante que las acciones de FOCUENCAS se coordinen con la Unión Nacional de cafetaleros de Matagalpa (UNICAFE), dirigidas a reducir los impactos en el Río, conservar la calidad del grano y ofrecer tecnologías económicamente viables para todos los productores, minimizando las inversiones en el manejo de y tratamiento de los residuos, de igual forma el aprovechamiento de éstos.

Se pueden retomar tecnologías y experiencias adoptadas por la Unión Nicaragüense de cafetaleros (UNICAFE, 2001), en los municipios de Matagalpa y Ocotal, entre las alternativas se proponen:

Recibo y despulpado en seco: para lograr un menor uso del agua durante el beneficiado y reducir la carga contaminante, de esta manera se reduce el tiempo de fermentación, la pulpa es más rica en componentes nutritivos y fertilizantes lo que la hace más valiosa como subproducto.

Pozos de sedimentación e infiltración: Tiene como función principal recibir las aguas del lavado de café para luego sedimentar los sólidos y que se filtre parte del volumen de agua captada. Su forma y tamaño dependen de las características del terreno y los volúmenes de producción, distancia del beneficio y el pozo dependerá de las condiciones del terreno. Los filtros pueden ser de PVC o bambú, pared de piedra, bolcón con arenón y arena entre un pozo y otro. Las aguas recogidas en estos pozos deberán ser tratadas con cal y se deben proteger los taludes con diferentes materiales vegetativos.

Lagunas de oxidación: recomendadas para medianos y grandes productores con alta capacidad económica para construirlas, las aguas tratadas pueden ser utilizadas para otros fines como: almacenamiento de agua para animales, riego, etc.

Reutilización y aprovechamiento de la pulpa del café: Experiencias en Costa Rica con el Centro de Investigaciones del café (CICAFE), sugieren la utilización en los beneficios de la pulpa seca al sol como fuente de energía complementaría a la leña y al pergamino del café en el secado del grano. CICAFE y la Universidad Nacional, han obtenido a través de la pulpa un abono con alto contenido de potasio, fósforo y micronutrientes, donde el período de digestión aeróbica parcial oscila de tres a cuatro meses, reduciéndolo a través de el uso de lombrices de tierra, a la vez que se mejora la calidad del compost producido. (FAO,1993). Esta experiencia puede ser adoptada en Jucuapa.

4.4.3. Propuesta metodológica para monitorear la calidad del agua:

El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (MIRH), es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultantes de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los sistemas vitales.(GWP, 1996). Los estudios de calidad de agua a nivel de una cuenca hidrográfica permiten la determinación de niveles apropiados de control y tratamiento para fuentes puntuales de contaminación, los avances en estos estudios dependen del monitoreo y de los sistemas de medición.

Se propone una metodología para evaluar a largo plazo los cambios en la calidad del agua que pueden ser asumidas por los comités de agua de la Subcuenca, por ser éstos los encargados de monitorear la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo, algunas actividades que se tienen que realizar en todo el proceso:

Recopilación de la información existente: Relacionada con el área en la que se realizará el estudio, esta debe contener información sobre el ciclo hidrológico, características fisiográficas, geológicas, clima, cartográfica, forestal, socio-ambiental, socioeconómicas, productivas, mapas cartográficos, características de la cuenca de drenaje, morfología del río, interacciones entre las aguas superficiales y subterráneas, fotos aéreas, imágenes de satélites, etc, que nos van a permitir tener una visión clara de los problemas existentes en la zona. De igual forma es importante recopilar todos los trabajos realizados por instituciones gubernamentales y no gubernamentales que han trabajado en la zona relacionados con la calidad del agua y el manejo de las fuentes de

abastecimiento de agua, el estado de los recursos, identificación de fuentes de contaminación etc, a fin de retomar o reconsiderar aspectos de importancia y no duplicar esfuerzos. Esta información debe de ser analizada e interpretada, de tal manera que nos permita tener una visión general de la calidad del agua y de los recursos con que la cuenca cuenta.

Reconocimiento de la zona en estudio e Identificación de las fuentes potenciales de contaminación que existen en el área: Esta actividad se realiza a través de un reconocimiento del área de estudio. Esta actividad nos permitirá complementar la información de una forma más amplia y detallada, es muy importante observar y anotar las características de la fuente de contaminación, poblaciones asentadas alrededor de ella, actividades que se realizan cerca, las interacciones que se dan entre todas ellas y las causas y efectos que esta fuente puede representar; información que recabamos a través de encuestas o formatos y entrevistas previamente estructuradas. La identificación de las fuentes de contaminación debe de dar como resultado su ubicación en un mapa cartográfico, área de influencia.

Priorización de las fuentes de contaminación: En esta etapa se priorizan las fuentes para un análisis más detallado de cada una de ellas, en esta parte entra en juego la capacidad económica con que se cuenta para realizar el estudio y los objetivos principales de éste. De esta forma se eligen las fuentes según el peligro potencial de los desechos dispuestos y los efectos que esto tiene sobre la población y las aguas tanto superficiales o subterráneas.

Elección de la metodología a utilizar: Una vez que se identifican las fuentes o estaciones de muestreo, se eligen el número de muestras y en dependencia del tipo de contaminación, la accesibilidad a los lugares y los usos del agua se eligen los parámetros a utilizar, frecuencia de muestra, teniendo mucho cuidado en la manipulación y preservación de las muestras que deben ser llevadas a un laboratorio especializado para el análisis de los datos.

Evaluación: Cuando se tengan los datos se les puede aplicar un índice de calidad de agua, para analizar el comportamiento de los contaminantes, que pueden ser expresados en mapas o figuras gráficas. Las disposiciones ambientales o reglamentos establecidas

en las leyes relacionadas con el recurso hídrico son herramientas excelentes que nos permitirán comparar los valores.

La implementación de medidas de tratamiento y control de la contaminación, deben ser consideradas como una inversión y la misma para ser adoptada debe ofrecer una rentabilidad, es decir que el productor pueda tener una recuperación positiva. Estas medidas se pueden orientar en todos los niveles, no solamente a grandes productores. Trabajar a nivel de pequeños productores, aunque estos no sean los mayores contaminantes nos permitirá crear conciencia sobre la importancia de reducir la contaminación desde la fuente, de tal manera que el pequeño productor se sienta motivado a mitigar su carga.

Un papel fundamental juegan las instituciones encargadas de este tema como la Unión Nacional de Cafetaleros (UNICAFE), que cuenta con técnicos y personal capacitado para abordar los problemas. Más importante aún es la coordinación interinstitucional de los actores que trabajan en la zona para orientar sus planes y estrategias hacia una misma dirección. Construir una plataforma de aprendizaje, tanto para técnicos, productores y personas afines al tema, mediante la capacitación y educación que permitirá una mayor participación y concientización, en todos los actores en la búsqueda de la reducción de la contaminación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Caracterización Manantiales

1. No existe conciencia, ni conocimiento por parte de los pobladores y dueños de los manantiales sobre el impacto que algunas actividades que se realizan cerca o en los manantiales pueden causar en la calidad del agua.
2. La gran mayoría de los manantiales se encuentran en riesgo de contaminación. Estos riesgos dependen principalmente de las actividades que se realizan alrededor de ellos y de los usos que los dueños y pobladores le dan. Las actividades que impactan mayormente a la calidad del agua de los manantiales son los cultivos agrícolas a su alrededor y el lavado de ropa.
3. Existe la tendencia a que estos manantiales en un futuro se deterioren y se contaminen, si no se capacita a los dueños, debido a la sedimentación causada por la falta de protección.
4. El hecho de que algunos de los manantiales estén protegidos y cuenten con estructuras de concreto o pilas les hace menos vulnerables a contaminación.
5. No hay vigilancia eficaz y eficiente en la calidad de agua que se consume ni por parte de los comités de agua, ni por las autoridades encargadas de velar por este recurso, ya que no se lleva un control minucioso sobre las labores que se deben de realizar como el clorado de los tanques, lavado de los tanques de captación, por parte de los comités de agua que en algunas comunidades como Jucuapa Centro no funciona adecuadamente.
6. No Existe coordinación interinstitucional entre las autoridades locales (Ministerio de Salud y Empresa de Acueductos y Alcantarillados, Gerencia de Acueductos Rurales), ya que ambos realizan los muestreos de las fuentes de agua en diferentes meses,

generalmente uno al año ya que no cuentan con los recursos humanos y económicos suficientes para darle un seguimiento continuo a esta actividad.

7. La mayoría de los manantiales se encuentran en la parte alta y media de la Subcuenca, en la parte baja los pocos que hay se secan o disminuyen en su caudal en período seco.

Factores de contaminación en el Río Jucuapa

8. Procesos y actividades derivados de los usos actuales en la microcuenca en determinadas épocas del año, como el beneficiado de café causan impactos en la calidad del agua del río Jucuapa, así como también las prácticas agrícolas que se dan en ella es otro factor que influye en la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales de la microcuenca.
9. De los puntos estudiados y donde se realizaron las mediciones de los parámetros físico-químicos del agua, el punto 1d (después de la descarga de contaminación) ubicado en la hacienda Los Angeles presentó alteraciones significativas en la calidad del agua como producto de los desechos provenientes del beneficiado del café.
10. En el resto de puntos aguas abajo, se dieron alteraciones no significativas en los parámetros físico-químicos del agua, cuyo origen fue atribuido a las actividades antropogénicas, que aunque no tienen efectos considerables, deben de ser tomados como pauta para acciones futuras.
11. Las actividades agrícolas que realizan los productores representan un riesgo potencial de contaminación, ya que hay una sobre-utilización de productos agroquímicos en áreas pequeñas, lo que está contribuyendo al deterioro de los suelos y por consiguiente a la contaminación de las fuentes superficiales de la microcuenca.
12. No hay manejo, ni conocimiento en la disposición de los desechos sólidos provenientes tanto de las actividades agrícolas como de las domésticas, que tienen como destino final el río.

13. Los productores no han adoptado las prácticas de conservación de suelo necesarias, ni el uso de abonos orgánicos y al manejo integrado de plagas. Factores que influyen en el arrastre de sedimentos y partículas contaminantes.

Percepción de Calidad de Agua de la Comunidad

14. La fuente de agua más importante identificada tanto por los centros poblados como por los productores encuestados es el Río Jucuapa. Sin embargo, no se ha trabajado efectivamente en la conservación de éste recurso de vital importancia para los pobladores de Jucuapa.
15. Los usos más comunes del agua identificados por ambos grupos son consumo y doméstico, aunque algunos usos están en dependencia de los intereses de los pobladores y de la disponibilidad de agua, así por ejemplo los productores de la parte alta también utilizan el agua que tienen para regar sus parcelas, pues muchos de ellos cuentan con manantiales.
16. Todos coinciden en que el río esta contaminado, más en algunas épocas del año y cada uno de los grupos tienen diferentes percepciones de los tipos de contaminantes. Los productores mencionan en primer lugar los desechos lanzados al río y las actividades que los pobladores realizan en él, en menor proporción mencionan la pulpa y las aguas mieles. Los pobladores mencionan las aguas mieles y la pulpa del café, los desechos (basura y animales muertos) y la escorrentía.
17. Hay conocimiento del estado del agua del río, ambos grupos perciben que es un agua sucia, que no se puede utilizar para mucho de los usos actuales. Sin embargo tienen que utilizarla pues no hay más opción, ni cuentan con otra fuente de agua.
18. Existe poca conciencia ambiental en los pobladores de Jucuapa sobre las consecuencias de sus acciones, debido a la falta de conocimiento y de orientación sobre el manejo adecuado de los recursos naturales.
19. A pesar que los comités de agua tienen la capacidad para manejar las captaciones de agua, los procedimientos y las tareas no se siguen adecuadamente por falta de

vigilancia. Lo que nos hace suponer que las autoridades encargadas en vigilar la calidad del agua, solamente hacen presencia cuando se presenta un problema de contaminación.

20. Existe muy poca coordinación interinstitucional entre los encargados de velar por la calidad del agua y los pocos proyectos que trabajan en la zona. Lo que impide la eficacia de sus acciones, a esto se le suma la falta de recursos económicos y humanos para cumplir sus funciones y una adecuada capacitación al personal que trabaja.

5.2 Recomendaciones

1. Educación ambiental en todos los sectores de la población sobre el uso adecuado del recurso agua es una herramienta valiosa. Así como también el manejo y la importancia del recurso en la cuenca, principalmente, por estar esta subcuenca ubicada en uno de los municipios con mayor problema de abastecimiento de agua para consumo humano.
2. Las medidas en todos los manantiales tienen que ir dirigidas a la adecuada protección. Desde prácticas de conservación de suelos que impidan el aterramiento y el arrastre de materiales, hasta las estructuras adecuadas alrededor de los manantiales que aseguren un agua de calidad. La selección de especies arbóreas acordes a las características del clima y de la zona, son una buena opción.
3. Es meritorio medir el caudal de los manantiales y hacer un estudio hidrogeológico para analizar el verdadero potencial que tienen estas fuentes de agua, en ellas se podría encontrar la solución a muchos problemas de abastecimiento de agua para consumo humano.
4. La promoción de los grupos de mujeres locales en la participación de los Comités de agua potable, para la aplicación de cloro y el mantenimiento de las captaciones, es una buena opción para asegurar la calidad del agua y la salud de la población de la Subcuenca.

5. La medida del consumo de agua per cápita en la Subcuenca y la oferta de ésta son importantes para establecer la población que puede ser abastecida.
6. El análisis de la calidad del agua mediante indicadores físico-químicos, es importante realizarlo al inicio de la cosecha cafetalera para ver el impacto real de esta actividad, de igual forma hay que considerar la realización de este estudio en época de lluvia y tener un punto de comparación. Se deben incluir otros parámetros que identifiquen algunas actividades que puedan tener impactos significativos en la calidad del agua, como los detergentes.
7. Es necesaria el fortalecimiento y capacitación de la capacidad local (comités de agua) e institucional (Alcaldía, INTA), en los aspectos relacionados al recurso agua, por ser este uno de los mayores problemas no solo en la subcuenca sino en todo el municipio de Matagalpa, siendo de fundamental importancia la participación de las autoridades locales, institucionales y ONG's en la orientación y planificación adecuada del recurso agua.
8. La implementación de sistemas agroforestales, prácticas de conservación de suelo, uso de abonos orgánicos, el fomento de plantaciones forestales y manejo de bosques pueden ser alternativas esenciales en la protección del recurso hídrico y una alternativa económica viable para los productores de la Subcuenca.
9. Las Herramientas para la reducción del control de la contaminación causada por el beneficiado de café se indican en el acápite 4.4.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arizona Water Resources Research Center. 1995. Manual de campo para muestreo de la calidad del agua. University of Arizona. Tucson, Arizona. 57 p.
- Ayuda en Acción. 1999. Manejo de aguas mieles y construcción de filtros sanitarios. Ocotal, Nueva Guinea, Nicaragua. 64p.
- Blandón R; Dávila, V; Ismael, F; Mendiola, J; Romero,S; Wasser, R. 1993. Diagnóstico sanitario Cuencas Molino Norte y San Francisco. Acción Cuencas Matagalpa, Nicaragua.34 p.
- CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 1986. Principio de calidad de agua para el manejo de cuencas. Curso intensivo de clase. Turrialba, Costa Rica. 84 p.
- CAPRE (Comité Coordinador Regional del instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana).1994.Norma Regional de Calidad de agua. s.l.
- CEPAL. 1997. Manejo de cuencas. Página electrónica: INFOAGUA. org. Turrialba, CR. Consultado ago, 2002 (en línea). Disponible en: www.infoagua.org/cuencashidrograficas.
- Dávila, G. 1999.Manual de Experiencias para la Educación Ambiental. León, Nicaragua. 151p.
- Díaz M ; Gómez, D. 2001. Caracterización y sondeo de la microcuenca del río Jucuapa. Proyecto de Fortalecimiento del Capacidad Local en el manejo de cuencas y prevención de desastres (FOCUENCAS-CATIE-ASDI). Matagalpa, Nicaragua. 11 p.
- Delregno. K.J. and S.F Atkinson. 1988. Watershed Management. Practices, policies and coordination. McGraw-Hill.
- De Zuane, J. 1990. Drinking water quality. Standards and controls. New York, Van Nostrand Reinhold. 623 p.
- FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informes sobre temas hídricos 1. Santiago, Chile. 385 p.
- Faustino, J. 1987. Variables de terminantes en la identificación de Áreas Críticas en tierras de laderas. In. Memoria de la conferencia Usos sostenidos de tierras en laderas. Quito, Ecuador. 41p.
- _____2001. Gestión y Manejos de Microcuencas: Material para un curso intensivo, conceptos, diagnóstico, planificación y manejo (correo electrónico). Managua, NI, FOCUENCAS.
- _____2001. Gestión y Manejo de Microcuencas. Manual del Participante. Material para un curso intensivo: Conceptos, Diagnóstico, planificación y manejo (correo electrónico). Managua, NI.

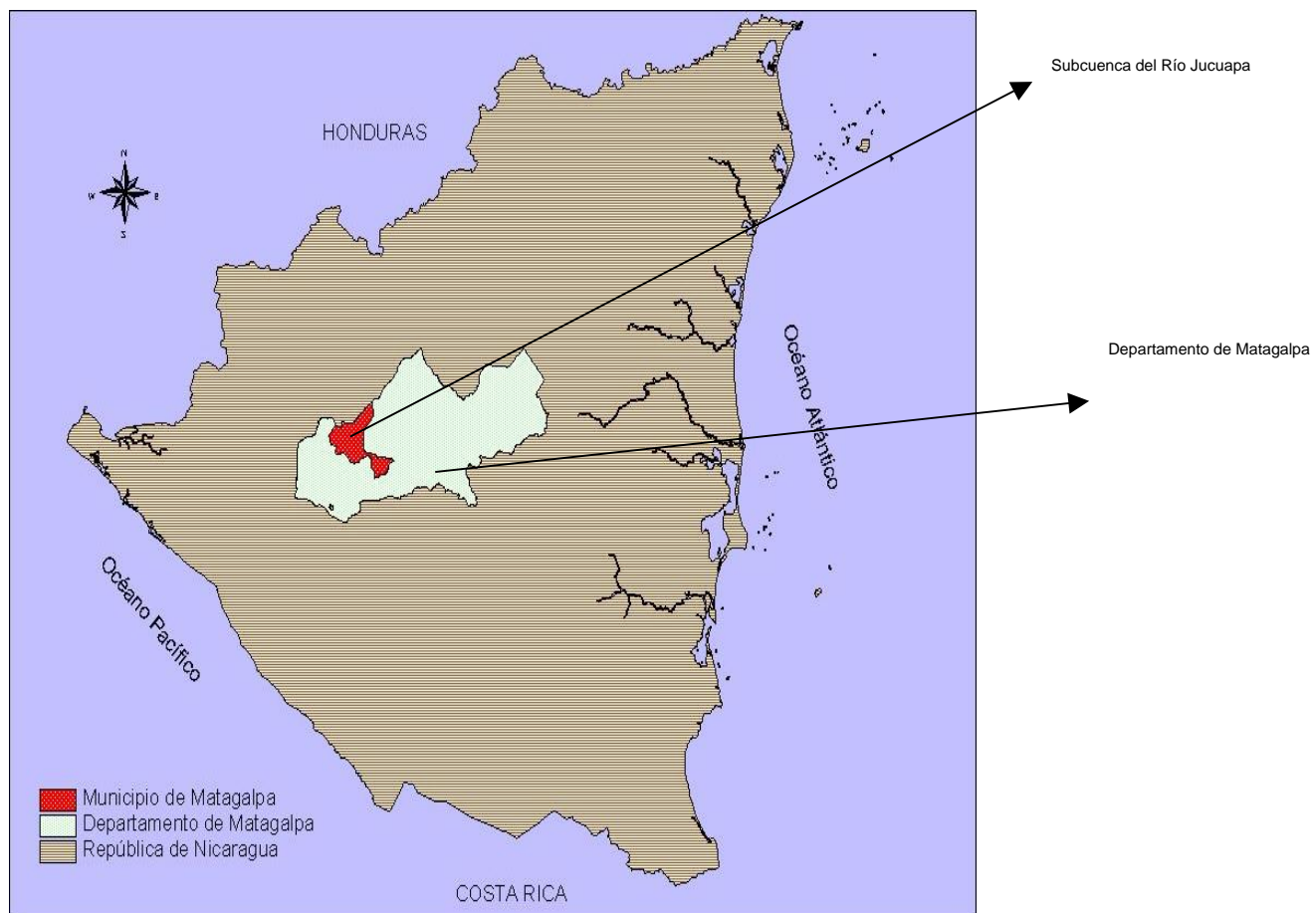
- García, R. 2000. Evaluación de la contaminación e impacto de la acción antropogénica en la cuenca, sobre el río San Juan. I Taller de Manejo Integrado de Cuencas. Managua, Nicaragua. 17 p. CIRA/UNAN.
- Gallego, M. 2000. El agua, vehículo de contaminación. Página electrónica (en línea). Turrialba, CR. Consultado ago 2002. Disponible en: www.babad.com/no01/agua.html.
- Gobierno de la República de Nicaragua. 2000. La Gaceta Diario Oficial. Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Decreto No. 33-95. Managua, Nicaragua. 79 p.
- _____ 2001. Plan Ambiental de Nicaragua 2001-2005 (PANIC). Managua, Nicaragua. 145p.
- GWP (Asociación Mundial para el Agua); TAC (Comité de Consejo Técnico). 1999. Manejo integrado de Recursos Hídricos. No. 4. s.l. 74p.
- Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Trad. Jiménez, H. San José, Costa Rica. 216 p.
- IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente). 1992. Plan de manejo para la rehabilitación ambiental de las cuencas productoras de agua para la ciudad de Matagalpa (San Francisco y Molino Norte y Jiguina). Servicio Nacional de Ordenamiento de Cuencas, SENOC. Matagalpa, Nicaragua. 42 p.
- INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ente regulador). 2001. Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua. 1a ed. Managua, Nicaragua. 150 p.
- Jiliberto, H; Álvarez, M. 2001. Modelo de conocimiento para la formulación de políticas en contextos de incertidumbre: El caso de la política de contaminación hídrica por la agricultura en Chile. Madriz, España. 35 p
- MARENA (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Diagnóstico Municipal del Municipio de Matagalpa. Matagalpa, Nicaragua. 17 p.
- _____ 2000. Estudios y Proyecto en el sector cafetalero de Nicaragua realizados por PANIF. Proyecto prevención de la contaminación industrial. Managua, Nicaragua. 55p.
- _____ 2001. Informe del Estado Ambiental en Nicaragua, 2001. 1ª. Ed. Managua, Nicaragua. 118 p.
- _____ 2002. Revista de Educación Ambiental. No.3: -1:33.
- Mcneely, R.N; Neimanis, V.P; Dwyer, L. 1984. Water Quality Sourcebook: A guide to water quality parameters . s.l.
- Mendoza, M. 1996. Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuencas río Sábalo, cuenca del río San Juan. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p.

- Mitchell, M; Stapp,W; Bixby, K. 1991. Manual de Campo de Proyecto del Río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda Edición. Las Cruces, New México.
- Morales, J. 2001. Planificación de Cuencas Hidrográficas: Aspectos Generales. Matagalpa, Nicaragua. 20p.
- Muller, S. 1996. Como medir la Sostenibilidad ?: Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. IICA/GTZ. San José, Costa Rica.45 p.
- López, A; Romero, M; Cuadra, J; Picado, F. s.f. Estudio de la contaminación por plaguicidas en el acuífero y suelos de la Región León- Chinandega. Managua, Nicaragua. 20p.
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje 55. Roma, Italia. 116 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad de Agua Potable. Segunda Edición. Vol.3. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra. 251 p.
- Programa de Desarrollo Institucional Ambienta (PRODIA) , Control de la contaminación industrial. 2000. Metodologías para monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y suelos afectados por contaminación de origen industrial. Colombia. 122p.
- Prins, K. 2001. Sistematización de experiencias y evaluación de procesos, productos e impacto de proyectos de desarrollo rural. Apuntes del curso de Desarrollo Rural. Turrialba, Costa Rica. CATIE.10 p.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA),(Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible). San José, Costa Rica. 338 p.
- Rodríguez, A. 1998. Compendio sobre la prueba de DBO. Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), Universidad de Costa Rica (UCR). San José, CR. sp.
- Taller sobre el uso de plaguicidas en América Central.1997.Políticas Fitosanitarias en Nicaragua. Reiche C. San José, CR: IICA; GTZ. 79-92 p.
- UNICAFE (Unión Nicaragüense de Cafetaleros); ACRA (Asociación para la Cooperación Rural en África y América Latina. 2001. Modernización del beneficiado húmedo de café en los Departamentos de Matagalpa y Jinotega: Impactos negativos del beneficiado húmedo y alternativas de solución. Matagalpa, Nicaragua. sp.
- Sagastizado, M. 2001. Impacto del uso de la Tierra sobre la calidad del agua en la cuenca del río Talnique, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 167 p.
- Sawyer, C; McCarty, P; Parkin, G. 1994. Chemistry for Environmental Engineering. Ed. B.J Clark; J.M Morriss. 4.ed. United States of America.658p.

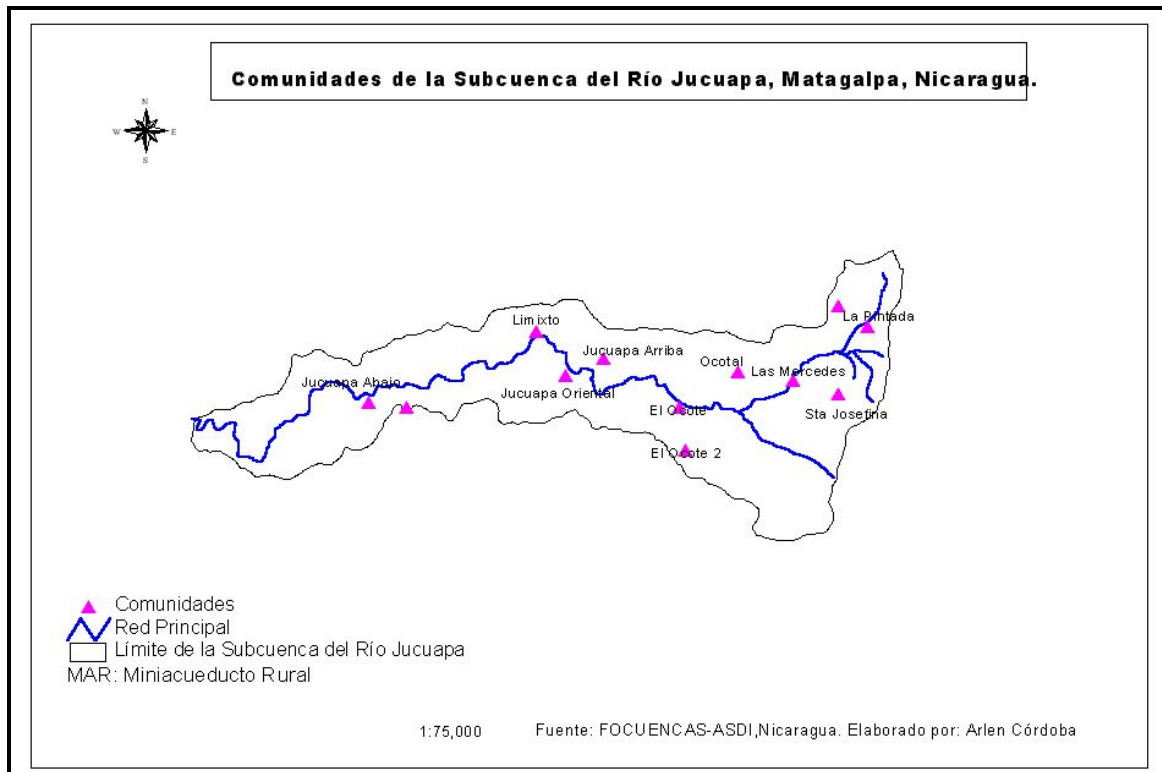
- Seoáñez, M; Angulo, I. 1999. Ingeniería del Medioambiente. Aplicada al medio natural continental. Segunda edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- Serrano, E. 1990. La producción y valoración del agua: un marco conceptual y metodológico. In Simposio Nacional de Agua, en el manejo forestal. (11, Chapingo, México). Memorias. Chapingo. Universidad Autónoma de Chapingo. P177.
- SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). Indicadores Ambientales. Página electrónica (en línea). Turrialba, CR. Consultado ago 2002. Disponible en : www.sinia.net.ni/indicadores.htm
- Vallecillo, J; Montenegro, I ; Pedersen, J. 2001. Delimitación y Estudio de la cuenca del río Jucuapa. Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG). Matagalpa. Nicaragua. 12 p.
- Valero, G. 1994. Evaluación de la contaminación agraria difusa con vista a la transformación de suelos a la agricultura orgánica. I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Página electrónica (en línea). Turrialba, CR. Consultado sep 2002. Disponible en www.agroecologia.net/congre_1_pdf/183.pdf.
- 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, Costa Rica. CATIE. 146 p.
- Vásquez, 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, Costa Rica, CATIE. 108 p.

VII. ANEXOS

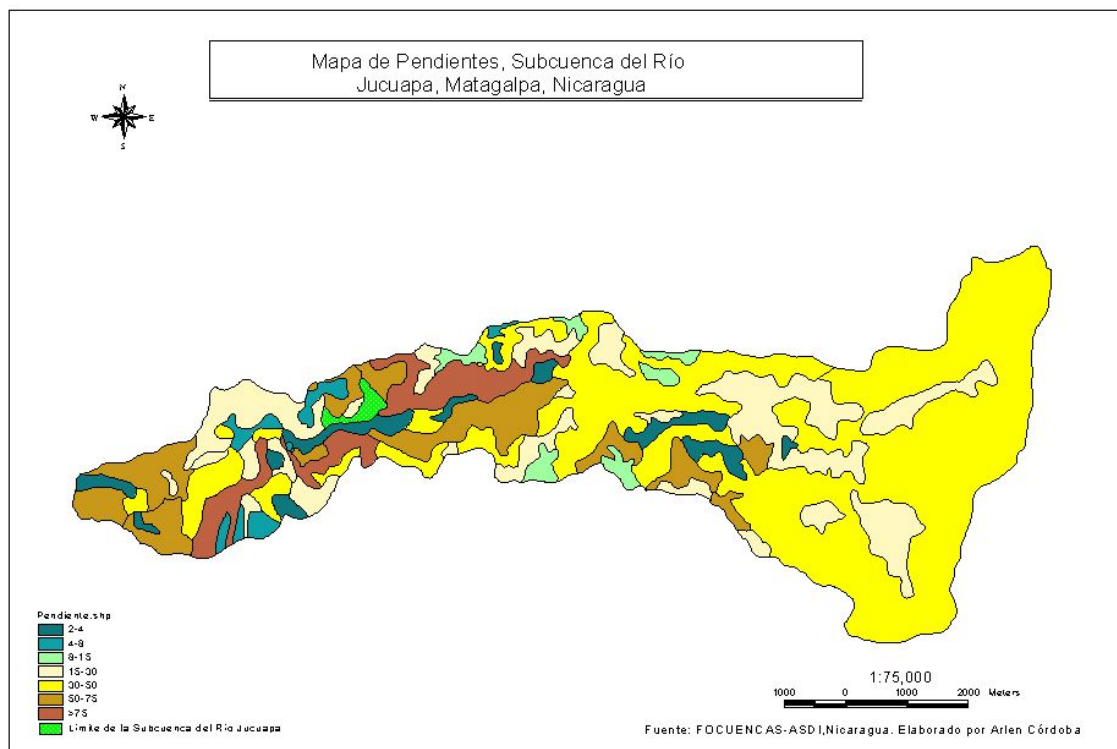
Anexo 1. Ubicación de la Subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua



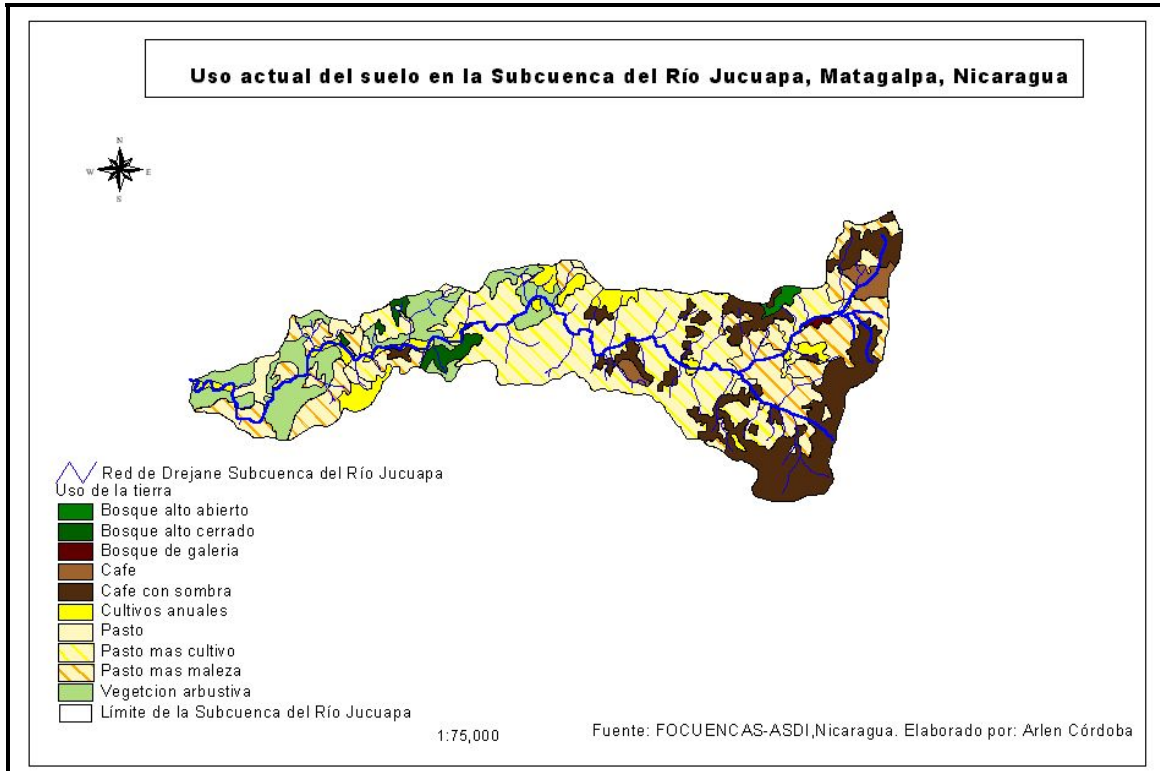
Anexo 2. Comunidades de la Subcuenca del Río Jucuapa



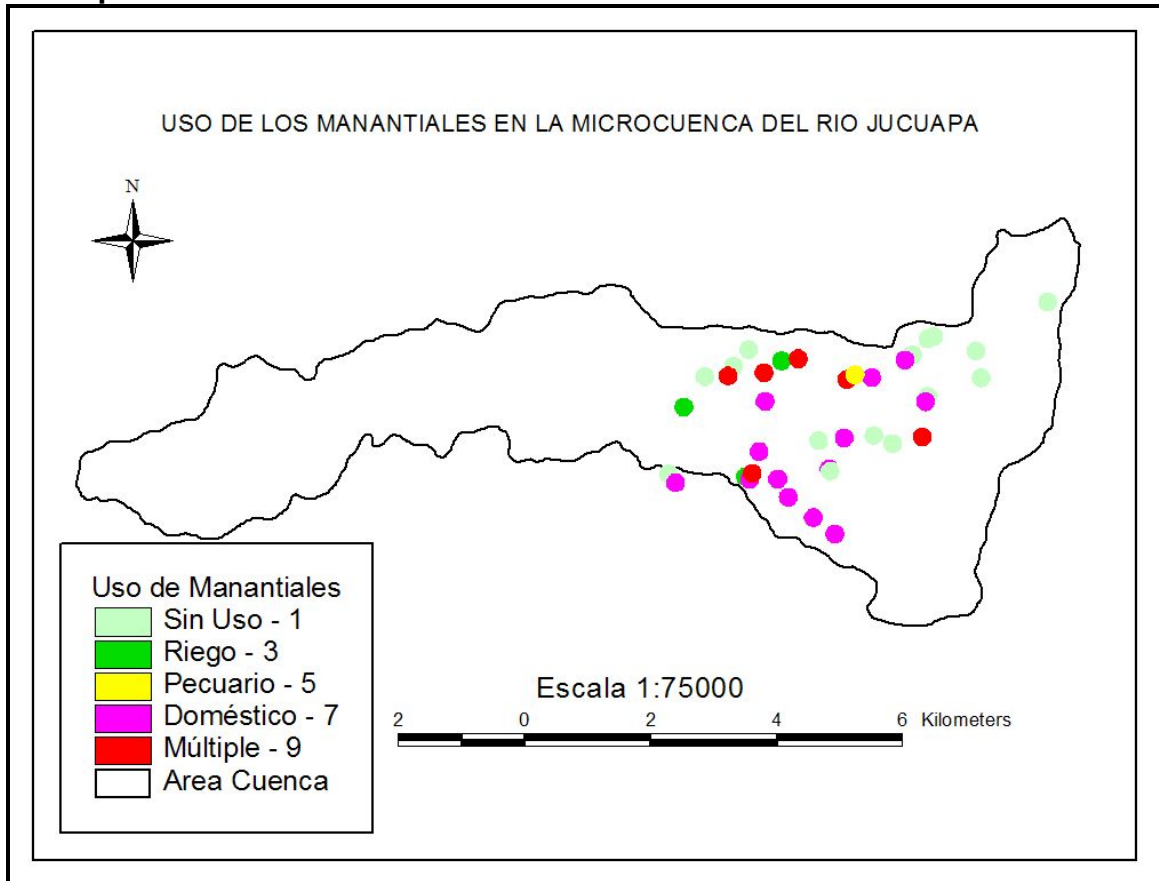
Anexo 3. Pendientes de la Subcuenca del Río Jucuapa



Anexo 4. Uso Actual del suelo en la subcuenca del Río Jucuapa



Anexo 5. Uso más comunes de los manantiales en la Subcuenca Río Jucuapa



Elaborado por Arlen Córdoba

Anexo 6. Significado de los riesgo de contaminación en las fuentes de abastecimiento de agua para consumo

Característica	Riesgo de contaminación
Letrina en un radio de 20 m alrededor del pozo	1
Letrina más cerca localizada a una altura mayor que el nivel del pozo	2
Hay otra fuente de contaminación en un radio de 10 m alrededor del pozo (excretas, basura, aguas superficiales)	3
Presencia de agua estancada en un radio de 2 m alrededor del pozo	4
Canal de drenaje en mal estado	5
Cerco alrededor del pozo permite la entrada de animales domésticos	6
Delantal del pozo con radio menos de 1 mt	7
Charcos sobre el delantal	8
Presencia de Fisuras sobre el delantal del pozo	9
Usan balde para sacar agua del pozo	10
Se le introduce agua a través de la bomba	11
No tiene sello sanitario o el que tiene es inadecuado	12
La tapa de inspección esta sucia y sin seguridad	13

Fuente. ENACAL-GAR, Matagalpa, 2002.

Puntaje de Riesgo por contaminación:

- 9-13 = Muy alto**
- 6-8 = Alto**
- 3-5 = Intermedio**
- 0-2 = Bajo**

Anexo 7. Diagrama de Piper

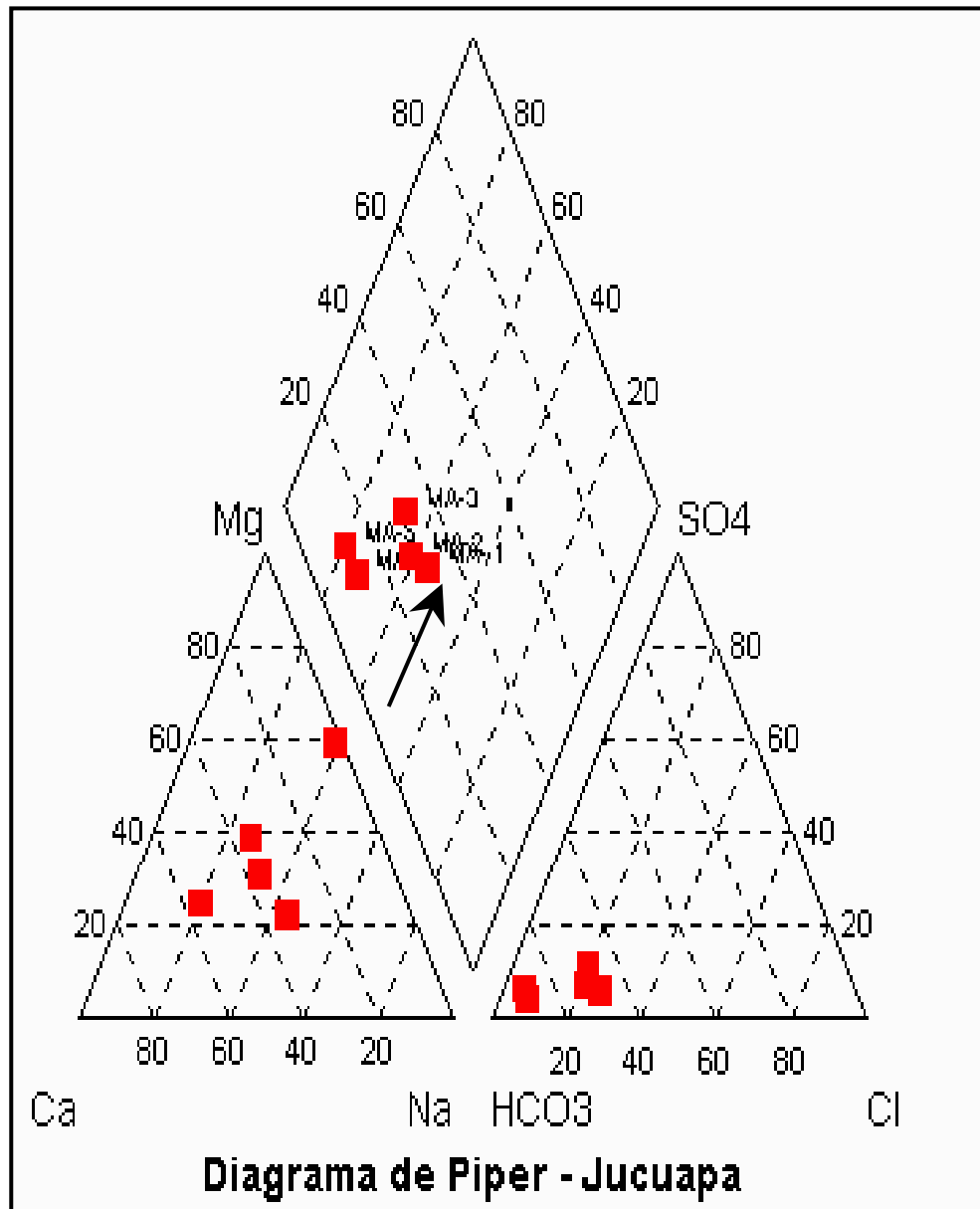


Diagrama de Piper - Jucuapa

Fuente: Enoc Castillo, INETER, 2002

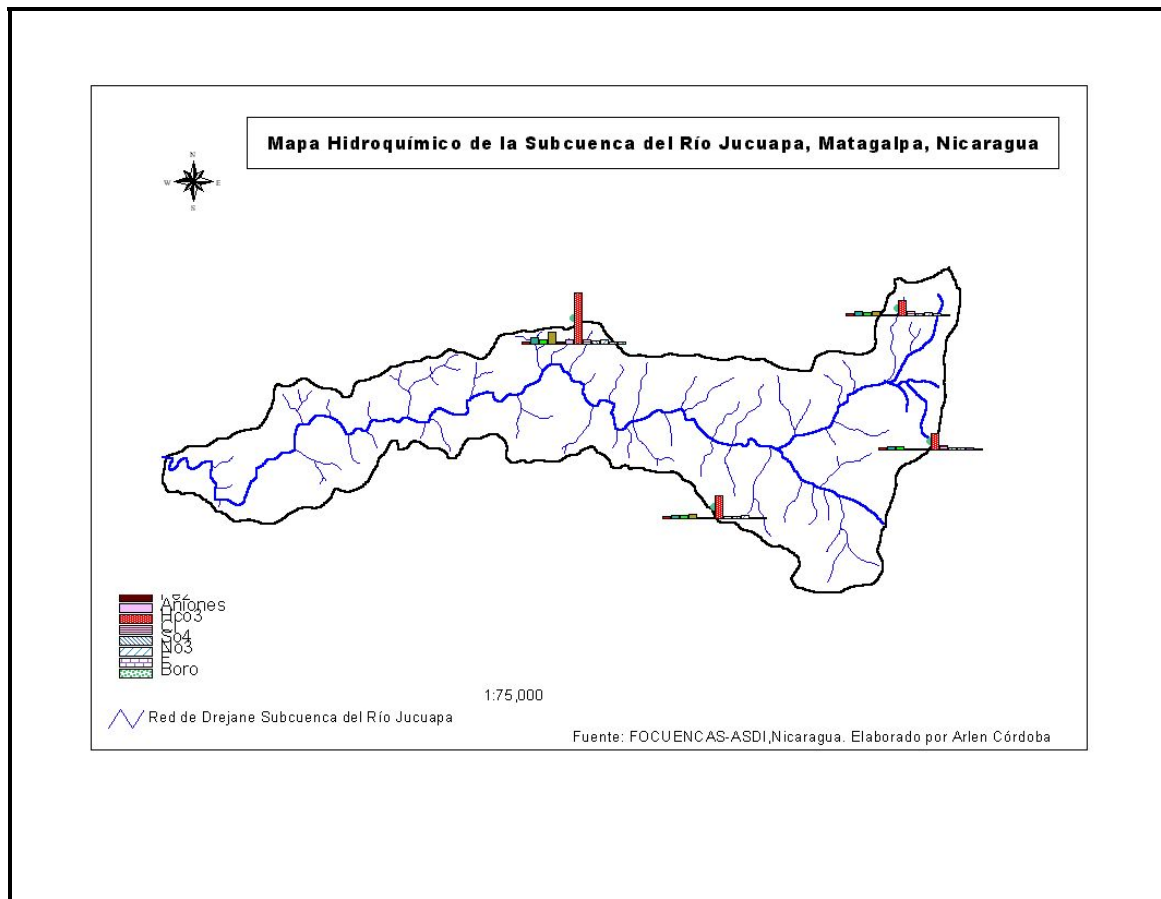
Anexo 8. Composición Hidroquímica de las Aguas de la Subcuenca del Río

Cuadro 8. COMPOSICION HIDROQUIMICA DE LAS AGUAS DE LA MICROCUENCA JUCUAPA																	
CODIGO	LOCALIZACION	COORDENADAS		FECHA	CACIONES [mg/l]					ANIONES [mg/l]					BORO (mg/l)	CARÁCTER HIDROQUIMICC	
		N	E	ANALISIS	[meq%]					[meq%]							
					K	Na	Mg ²	Ca ²	Fe ²	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃			F
MA- 1	Ojo de Agua, Santos Reyes	1423.12	600.73	Ene-99	3.100	8.000	2.114	5.210	0.000	0.000	33.744	5.814	4.340	2.730	1.170	0.050	HCO ₃ -Na-Ca
					9.201	40.348	20.246	30.203	0.002	0.000	64.985	19.253	10.600	5.161	0.001		
MA-2	Ojo de Agua, La Luz	1421.95	619.35	Ene-99	2.700	9.800	7.873	0.421	0.240	0.000	67.366	11.665	5.288	1.120	1.100	0.120	HCO ₃ -Mg
					5.881	36.269	55.328	1.791	1.099	0.000	70.740	21.063	7.043	1.155	0.000		
MA-3	Ojo de Agua, Edgar Arguelli	1424.61	618.70	Ene-99	3.900	11.500	5.760	11.087	0.000	0.000	61.750	13.590	4.340	10.650	1.230	0.130	HCO ₃ -Ca-Na
					6.124	30.686	29.185	34.005	0.000	0.000	61.091	23.119	5.446	10.344	0.000		
MA-4	Ojo de Agua, Ramon Davila	1420.65	615.05	Ene-99	1.800	11.000	8.643	12.670	0.107	0.000	101.050	3.880	5.570	10.650	1.180	0.066	HCO ₃ -Mg-Ca
					2.457	25.509	38.059	33.772	0.307	0.000	80.684	5.327	5.641	8.348	0.000		
MA-5	Anibal Rodriguez	1424.41	612.25	Ene-99	1.100	20.500	13.440	49.100	0.000	11.040	230.160	11.650	8.340	11.720	1.220	0.058	HCO ₃ -Ca
					0.628	19.883	24.752	54.737	0.000	7.607	78.102	6.798	3.589	3.904	0.000		

Jucuapa

Fuente: Enoc Castillo, INETER 2002

Anexo 9. Mapa Hidroquímico de la Subcuenca del Río Jucuapa



Anexo 10 . Índices Hidrogeoquímicos de las Aguas de la Subcuenca del Río Jucuapa en condiciones naturales

N°	UBICACION-DUEÑO	INDICES HIDROGEOQUIMICOS						
		icb	rMg/rCa	rK/rNa	rCl/rCO3H	rSO4/rCl	rNa/rCa	rCO3H/CE
MA-1	Ojo de agua, Santos Reyes	-1.600	0.669	0.227	0.297	0.551	1.551	0.008
MA-2	Fuente La Luz	-0.53	1.246	0.16	0.30	0.33	0.819	0.01
MA-3	Ojo de agua, Edgar Arguello	-0.56	0.857	0.20	0.38	0.24	0.904	0.01
MA-4	Ojo de agua, Ramon Dávila	-3.82	1.000	0.10	0.07	1.06	0.674	0.01
MA-5	Ojo de agua, Anibal Rodriguez	-1.81	0.450	0.03	0.09	0.53	0.363	0.02