PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES PARA EL DESARROLLO

Universidad Nacional de Costa Rica

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León

Universidad Autónoma de Chapingo

Universidad Nacional Autónoma de México

Universidad de Educación a Distancia

Tecnológico de Costa Rica

Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando bioindicadores en la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega, Nicaragua

(Previo a optar al título de Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo)

Presentado por: MSc. María Encarnación Juárez Martínez

UNA, julio de 2012.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 12

1.1 Objetivos 13
Objetivo General: 13
Objetivos Específicos: 13
Hipótesis 13

2. Revisión de Literatura 14

2.1. Cuenca Hidrográfica 14
2.2. Calidad de agua 15
2.3. Monitoreo de la calidad del agua superficial 16
2.4. Balance Hídrico 17
2.5. Percepción Ambiental 19
2.6. Métodos y Estrategias 19

3. Descripción del Área de Estudio 21

3.1. Subcuenca del Río Viejo 21
3.2. Microcuenca Las Chichiguas 22

4. Método de Investigación 22

4.1. Etapa I: Pre campo: 24
4.1.1. Definición de las variables a monitorear y puntos de muestreo 24
4.2. Etapa II: Campo 25
4.2.1 Mapas de Suelo 25
4.2.2 Balance Hídrico 26
4.2.3 Monitoreos 30
4.3 Etapa III: Post-campo 38
4.3.1 Interpretación de Resultados del Monitoreo Biológico de Macroinvertebrados 39

5. Resultados y Discusión 44

5.1. Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo 44

5.2. Génesis de suelos 46
5.3. Uso del Suelo 48
5.4. Balance Hídrico 52
5.5. Oferta de Agua de la microcuenca 53
5.6. Aforo de corrientes 54
5.7. Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos 56
5.7.1. Físico-químicos 56
5.7.2. Análisis bacteriológico del agua 64
5.8. Calidad biológica del agua superficial 66
5.9. Monitoreo de Plantas dentro de una zona buffer 73
5.9.1. Medición de la diversidad 74
5.10. Percepción Ambiental y Sanitaria 76
5.10.1. Taller de Percepción 76
5.10.2. Taller de Capacitación 80
5.10.3. Análisis de Percepción 82
5.11. Plan de Acción de la Microcuenca Las Chichiguas 84
6. Conclusiones 88
7. Recomendaciones 90
8. Bibliografía Citada 92
Anexo 1 100
Anexo 2 101
Anexo 3 103
Anexo 4 113
Anexo 5 115
Anexo 6 117

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Puntos de Muestreo y uso de suelo de las áreas monitoreadas. 24

Cuadro 2. Monitoreo de variables en la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega (2009-2010). 31

Cuadro 3. Parámetros físico-químicos monitoreados en agua superficial de la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega, Nicaragua. 32

Cuadro 4. Categorías, aspectos y variables de percepción ambiental. 35

Cuadro 5. Puntaje para familias presentado por Roldán (2009, Managua, Nicaragua). 40

Cuadro 6. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas. 41

Cuadro 7. Calidad de agua para índice de EPT 42

Cuadro 8. Descripción general de los puntos de muestreo en la microcuenca Las Chichiguas 46

Cuadro 9. Órdenes de Suelo en la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega. 47

Cuadro 10. Porcentaje de uso actual del suelo en la microcuenca 51

Las Chichiguas, La Concordia, Jinotega, Nicaragua. 51

Cuadro 11. Oferta de agua por orden de suelo 54

Cuadro 12. Parámetros físico-químicos obtenidos 57

Cuadro 13. Resultados de Análisis bacteriológico de los sitios de muestreo en la microcuenca Las Chichiguas. 64

Cuadro 14. Fechas de Monitoreo de macroinvertebrados en la microcuenca Las Chichiguas 66

Cuadro15. Número de individuos y familias encontradas por secuencia de muestreo y localidad. 68

Cuadro 16. Valores ETP obtenidos de calidad agua para la microcuenca Las Chichiguas. 70

Cuadro 17. Resultados del índice BMWP/Col para la microcuenca 71

Las Chichiguas. 71

Cuadro 18. Acumulación de familias por esfuerzo de muestreo en microcuenca Las Chichiguas. 73

Cuadro 19. Especies representativas de bosque primario 74

Cuadro 20. Índices de diversidad por comunidades de monitoreo 74

Cuadro 21. Similitud en los bioindicadores 75

Cuadro 22. Problemática Ambiental y Sanitaria de la microcuenca Las Chichiguas. 77

Cuadro 23. Participantes en el Taller de Capacitación para metodologías de monitoreo de agua en la microcuenca Las Chichiguas. 81

Índice de Figuras

Figura 1. Balance hídrico en Cuenca Hidrográfica 18

Figura 2. Mapa de Ubicación de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo. 21

Figura 3. Puntos de monitoreo de agua y plantas en la microcuenca Las Chichiguas. 45

Figura 4. Mapa de suelo de la microcuenca Las Chichiguas, La Concordia. 47

Figura 5. Bosque latifoliado cerrado. 49

Figura 6. Cafetales bajo sombra. 49

Figura 7. Mapa de uso actual de suelo de la microcuenca Las Chichiguas 51

Figura 8. Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelo Molisol 52

Figura 9. Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelo Entisol 53

Figura 10. Caudal circulante en los sitios de muestreo de agua, microcuenca Río Viejo, La Concordia. 55

Figura 11. Problemática Ambiental de la microcuenca Las Chichiguas. 78

Figura 12. Problemática Sanitaria de la microcuenca Las Chichiguas. 79

Figura 13. Valores resultantes de los indicadores medidos para Percepción Ambiental. 83

Figura 14. Valores de los indicadores de Percepción Ambiental por comunidad 84

DEDICATORIA

A Dios, fuente y fin de toda sabiduría y a mi Madre Santísima, Puerta del cielo.

A la memoria de mis padres, Leticia Martínez y Benito Juárez.

A la memoria de Fabio Manuel Juárez.

A mis hijos María Helena, María Gabriela y Manuel Alejandro Juárez Juárez.

A mis hermanos y a mi Mami Tomy.

A mi esposo, Nicolás Reyes.

"¿No se venden dos pajarillos por unos centavos? Con todo, ni uno de ellos caerá a tierra sin el consentimiento de vuestro Padre. Pues aun vuestros cabellos están todos contados. Así que, no temáis: más valéis vosotros que muchos pajarillos" (Mt 10, 29-31).

AGRADECIMIENTO

*“Por encima de todo, vístanse de amor, que es el vínculo perfecto. Que gobierne en sus corazones la paz de Cristo, a la cual fueron llamados en un solo cuerpo. Y sean agradecidos” (**Colosenses 3.14-15).***

Gracias Señor Jesús porque el fruto más preciado de este doctorado no es el título obtenido, sino los vínculos de amistad que fortaleciste y los amigos que durante este caminar me regalaste. Amén.

Este acápite de agradecimientos no lleva un orden de importancia, porque para mí todos son parte imprescindible en la construcción de esta meta alcanzada.

Agradezco a todo el personal de CARE/MARENA/PIMCHAS, donde no sólo encontré apoyo económico, técnico y científico, sino calidez humana.

A las autoridades de la UNAN, León que confiaron en mis capacidades y me concedieron el tiempo necesario para dedicarme a mi preparación doctoral.

A mi Directora de tesis en Nicaragua, Dra. Martha Orozco y a mi asesor, Dr. Ricardo Rueda, sin ustedes este peldaño en mi vida profesional, nunca lo hubiera podido alcanzar. Gracias porque ambos fueron faros que guiaron mis pasos en la construcción del conocimiento científico, técnico y académico. Y mucho más agradecida, porque siempre encontré en ustedes palabras de aliento cuando sentía que ya no podía seguir avanzando.

A mi Director de tesis en Costa Rica, Dr. Julio Calvo que a pesar de sus muchas ocupaciones siempre encontró tiempo para revisar y guiar mi trabajo de investigación.

A los doctores Nuno Formigo y Luis Calafate, quienes tuvieron a cargo parte de mi pasantía realizada en Portugal. Gracias por sus conocimientos y su apoyo incondicional.

Al Dr. Carlos Zelaya, quien a pesar de no ser asesor oficial, siempre estuvo al pendiente de mi trabajo y compartiendo sus conocimientos no sólo en la parte de suelo y agua, sino en la totalidad de este estudio.

A mis amigos y compañeros de trabajo, que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su tiempo y sus conocimientos en la complejidad de este estudio. Gracias Rosita, Milton, Dania, Mauricio, Julio, Profesora Miriam, Doña Ana, Aleyda y Doña Virginia, todos ustedes aportaron no sólo con sus conocimientos, sino que con sus mensajes de ánimo cuando el camino se me hacía cuesta arriba.

A todo el personal de contabilidad y tesorería de la UNAN, León que siempre me apoyaron agilizando los trámites contables. Gracias Doña Sandra, Doña Nelly, Don Diego, Doña Sarita, Lic. Novoa, Lic. Andrade, Doña Jesús, Doña Olivia, Doña Tránsito y Don William.

A la Maestra Claudia Calderón, a Doña Teresita Ruiz y a Doña Mercedes Corea que siempre estuvieron dispuesta a darme una mano amiga en momentos difíciles.

A mis estudiantes Cristiam Olivas, Christiam Soza y Karla Zavala que no sólo se comportaron con responsabilidad y compromiso, sino que siempre pusieron el toque de alegría en los viajes de campo con sus ocurrencias.

A todo el personal de la Alcaldía del municipio de La Concordia, muy especialmente a Don Héctor Pastrán y a su familia que nos apoyaron brindándonos el calor de un hogar.

A los miembros de la Cooperativa Blanca Aráuz que nos proporcionaron información y apoyo logístico.

A los miembros de todas las comunidades de la microcuenca Las Chichiguas… ustedes son el motor y el fin de este trabajo.

RESUMEN

Nicaragua, ha iniciado una Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) bajo el enfoque de cuencas hidrográficas que mediante la concertación y cooperación entre los diferentes grupos de interés trabajan por el desarrollo local y la protección de los recursos naturales.

El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca Las Chichiguas, ubicada en el municipio de La Concordia del departamento de Jinotega, categorizada como área prioritaria dentro de la cuenca del Río San Juan, básicamente por estar ubicada en la parte alta y presentar problemática ambiental y social. El objetivo del estudio fue de actualizar el diagnóstico ambiental sobre el estado del agua superficial en la microcuenca a través de bioindicadores y parámetros físico-químicos, durante el año hidrológico 2009-2010 e indagar la percepción comunitaria local frente a la situación actual, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos.

Los resultados del diagnóstico demuestran que existe una relación estrecha entre uso de suelo, estado del bosque de galería, percepción ambiental y calidad de agua. Todos los valores de los parámetros físico-químicos son aceptables para agua potable. Sin embargo, para consumo humano no pueden ser utilizadas por los altos valores de coliformes totales y fecales obtenidos. Los métodos biológicos utilizados muestran que el uso de suelo que contamina más el agua, es pasto a diferencia de café bajo sombra y granos básicos que es el que reporta aguas de mejor calidad. La participación de los actores locales en la identificación de las principales amenazas a los recursos hídricos superficiales, desarrolla el proceso de persuasión que coadyuva a la gestión integral de los recursos hídricos ya que se logró formular el plan de acción 2010-2013 después de la aplicación de los métodos hipotético-deductivo e investigación acción participativa.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel global los recursos hídricos se encuentran sometidos a un proceso de degradación progresivo que compromete la disponibilidad actual y futura. Nicaragua, ha iniciado una Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), bajo el enfoque de cuencas hidrográficas.

Con el fin de fortalecer esta gestión, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales -MARENA-, ha integrado a los miembros de los Consejos del Poder Ciudadano y a los de la Red Nacional de Organismos de Cuenca (RENOC), así como a los funcionarios de las Delegaciones territoriales del MARENA, para impulsar y dar cumplimiento al marco legal existente.

Con este estudio se generó conocimiento sobre la relación existente entre uso de suelo, estado del bosque de galería, percepción comunitaria y calidad de aguas superficiales, siendo el primero en relacionar estas variables haciendo uso de bioindicadores, análisis físico-químico y microbiológico del agua. Esta es una contribución metodológica en la planificación, partiendo del enfoque de cuenca hidrográfica.

1.1 Objetivos

Objetivo General:

Evaluar la calidad del agua superficial de la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega, basada en su relación con el uso del suelo a través de bioindicadores, análisis físico-químicos y percepción comunitaria, para lograr una gestión integral de los recursos de la microcuenca.

Objetivos Específicos:

1. Actualizar el diagnóstico ambiental sobre el estado del agua superficial en la microcuenca “Las Chichiguas” aplicando bioindicadores, parámetros físico-químicos y microbiológicos, durante el año hidrológico 2009-2010.
2. Indagar la percepción comunitaria local frente a la situación actual, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos de la cuenca.
3. Elaborar Plan de Acción de la microcuenca.

Hipótesis

H_1: Las aguas superficiales provenientes de zonas con diferentes usos de suelo, presentan diferentes calidades.

H_2: La participación de los actores locales en la identificación de las principales amenazas a los recursos hídricos superficiales, desarrolla el proceso de persuasión que coadyuva a la gestión integral de los recursos hídricos.

2. Revisión de Literatura

El ser humano manifiesta el poder y manejo sobre la naturaleza, es por eso que se hace necesario identificar y reflexionar sobre cómo el hombre y/o la mujer hacen uso de su capacidad de trasformar las cosas y qué nivel de conciencia tienen respecto a la necesidad de cuidar y/o salvar su entorno como forma de mejorar sus condiciones individuales, familiares y comunitarias. A continuación se abordan conceptos importantes en este trabajo de investigación:

2.1. Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica como unidad geográfica, es adecuada para ser la unidad de gestión integral para el manejo de todos los recursos naturales que forman parte de la propia cuenca.

El objetivo principal del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial del agua, considerando al hombre y a la comunidad como el agente protector o destructor. Al mismo tiempo considerando el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (Morales, 1998; Ramakrisma, 2000; Barreira, 2000; GWP, 2000).

El indicador más común para evaluar si una cuenca está bien manejada es la cantidad, calidad y frecuencia de descarga y el nivel de producción que se obtiene por unidad de área (FAO, 1996).

Así mismo, existen una serie de temas transversales que son importantes en los diferentes niveles: participación pública, la cooperación en cuencas internacionales y entre cuencas, la integración, la escala, el calendario y la creación de capacidad (Moster, 1999; WWF, 2001).

PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central), 2005 reporta que en Nicaragua los alcances de manejo de cuencas evolucionaron de un enfoque orientado puramente a la captación de agua a niveles más complejos como los de protección de recursos naturales y mitigación del efecto de fenómenos naturales.

2.2. Calidad de agua

Gil, 2001, reporta que la actividad humana ha generado un progresivo deterioro del medio ambiente, que tiene su expresión más acusada en la contaminación y pérdida de la calidad del agua.

La definición de calidad del agua es de difícil especificación por su complejidad, está en dependencia del uso que se le quiera asignar al recurso. Según Belmonte, 2004, especifica que son dos los principales condicionantes de la composición química y biológica de las aguas superficiales.

Cabe destacar que otro aspecto muy importante que tiene influencia en la calidad de agua, son las medidas hidrológicas como la descarga (volumen de agua que pasa a través de una sección del río por unidad de tiempo), la velocidad de flujo, turbulencia y profundidad del río. Estimar la descarga es también esencial para estimar el flujo de contaminantes Pérez *et al.,* (2000).

2.3. Monitoreo de la calidad del agua superficial

El diseño de un programa de monitoreo está basado en los objetivos del programa. Generalmente requiere información preliminar, elaboración de encuestas con el fin de seleccionar el uso potencial del agua, fuentes de agua activas y potenciales, identificación de las fuentes de contaminación, operaciones para el control de la contaminación y las condiciones geoquímicas, siendo importante establecer los límites del área de estudio (OMS, 1996). El diagnóstico de la calidad de agua se puede realizar con base en el análisis físico-químico y biológico. (Bellos & Sawidis 2005).

Hoy en día, existe una gran variedad de metodologías para analizar la calidad de agua en base a organismos vivos, tales como peces, protozoos, algas, microorganismos, macrófitos, pero las que se basan en macroinvertebrados acuáticos, son las más utilizadas por la facilidad de las capturas, por reflejar posibles alteraciones en el medio y por presentar una gran diversidad, lo que nos da distintos rangos de tolerancia frente a diferentes parámetros de contaminación. (Alba-Tercedor. 1996; Roldan. 2003).

Es necesario tener presente que la decisión de usar el análisis físico químico o/y el biológico está basado en: el objetivo del programa de monitoreo, la disponibilidad del método de acuerdo al objetivo y de los recursos financieros y personales disponibles (Comisión Europera, 2004)

2.4. Balance Hídrico

El balance hídrico permite establecer cuantitativamente los recursos de agua existentes y planificar. Cada cuenca hidrográfica cuenta con un volumen de agua para la satisfacción de las diversas demandas. De tomar más volumen del que naturalmente tiene disponible se llevaría a la cuenca a una sobreexplotación hídrica. Por tanto la planificación hidrológica debe tener como fin último la satisfacción de las demandas hídricas en la cuenca hidrográfica.

La ecuación de balance hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Llorens, 2003).

Dunne y Leopold (1978), y Brooks et al. (1992) indican que el modelo de Balance Hídrico tiene gran poder en la planeación del uso del agua, predicción del impacto sobre el ciclo hidrológico y de los efectos hidrológicos provocados por las modificaciones del medio. En el caso más simple, bajo condiciones naturales sin extracciones por bombeo y donde el agua subterránea ocurre en acuíferos no confinados, el balance de agua se representa con la siguiente ecuación (Dingman, 1994): ***P - Q - ETA=(R,+ R,,)-CR-Q,,***

Donde:

P: precipitación,

Q: escurrimiento superficial,

ETA: evapotranspiración actual,

(R + Rw) es la recarga del acuífero (por infiltración o desde cuerpos de agua superficiales),
CR es el movimiento del agua subterránea hacia la zona de capilaridad y Qcj~eS la contribución del agua subterránea al caudal de corrientes naturales.

Todos los componentes representan flujos o almacenamientos sobre periodos de tiempo arbitrarios

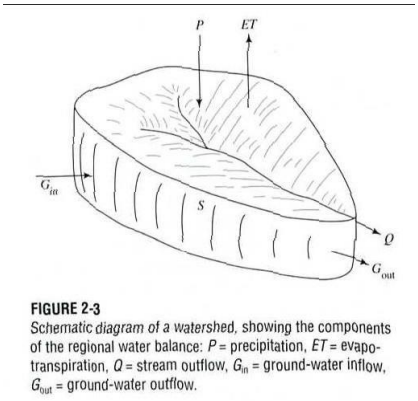


FIGURE 2-3
Schematic diagram of a watershed, showing the components of the regional water balance: P = precipitation, ET = evapotranspiration, Q = stream outflow, G_{in} = ground-water inflow, G_{out} = ground-water outflow.

Figura 1. Balance hídrico en Cuenca Hidrográfica

Fuente: Fuente: Dingman, 1994

De acuerdo con Sánchez (2004), “se denomina Ciclo Hidrológico al movimiento general del agua, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea”.

De acuerdo con Instituto Nacional de Ecología Secretaría del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (INE SEMARNAT) - Pladeyra (2003), la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico.

2.5. Percepción Ambiental

La percepción ambiental en particular abarca el proceso de formación de la imagen del entorno natural y social en un individuo, a partir de la organización y la interpretación de los elementos significativos de dicho entorno que para el individuo son reveladores (Nuñez, 2002).

El enriquecimiento de las percepciones ambientales se alcanza como resultado de la actividad y de otros procesos dirigidos por la relación interpersonal, como lo es la educación que es portadora de conocimientos, vivencias y reflexiones en las personas, lo que contribuye a su crecimiento (Kilpatrick, 1978).

2.6. Métodos y Estrategias

2.6.1. Método Científico: Método hipotético-deductivo

Entre los cultivadores de éste caben todos los científicos y filósofos de la ciencia que han postulado la participación inicial de elementos teóricos o hipótesis en la investigación científica, que anteceden y determinan a las observaciones. La ciencia tiene su fundamento en conceptos que no se derivan de la experiencia del mundo que está allá afuera, sino que el investigador los postula en forma de hipótesis con base en su intuición. Aquí la inducción no se desempeña ningún papel; de hecho muchos de los miembros de este grupo la evitan conscientemente. Hume, Kant, Popper y algunos otros científicos y filósofos contemporáneos han trabajo según este método" (Alvarez, 2003).

2.6.2. Investigación Acción Participativa

En la Investigación Acción Participativa (IAP), el objeto de estudio tradicional de la investigación social, la población, pasa a ser sujeto que investiga. Esta práctica autorreflexiva se instrumentaliza u operativiza en el "principio de dialogicidad" de P. Freire, según el cual el investigador y la población establecen una relación de comunicación entre iguales, un diálogo horizontal entre educando y educado, investigador y población basado en la reciprocidad. La participación de la población, colectivo o grupo puede adoptar dos formas básicas, aunque entre ambos polos se pueden establecer toda una serie de posibilidades según cada situación concreta. Así, puede participar durante todo el proceso, en la selección del problema u objeto de estudio, diseño de la investigación, trabajo de campo, análisis de resultados y diagnóstico crítico, elaboración de propuestas, debate y toma de decisiones, planificación y ejecución de actividades y evaluación de la acción. O bien de una forma parcial, es decir, participando en algunas de las fases, por ejemplo en el diseño pero no en la realización de la investigación para, una vez obtenidos los resultados, discutir y analizar posibles propuestas de actuación (Basagoiti y Bru, 2001).

2.6.3. Triangulación

En las Ciencias Sociales se aplican tres tipos de estrategias metodológicas: las cualitativas, las cuantitativas y las de triangulación. La "triangulación...puede ser definida como el uso de dos o más métodos de recogida de datos, en el estudio de algún aspecto del comportamiento humano. El uso de métodos múltiples, el *multimethod approach* o enfoque multimetódico, contrasta con el método de enfoque sencillo que es más vulnerable" (Pérez, 1994).

3. Descripción del Área de Estudio

3.1. Subcuenca del Río Viejo[1]

La Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (PASRV), se ubica en la región Norcentral de Nicaragua, entre los departamentos de Jinotega y Estelí. Es un área compartida entre seis municipios. La subcuenca del río Viejo está conformada por 17 microcuencas, encontrándose en ellas 51 comunidades. La parte alta de la subcuenca del río Viejo tiene una superficie de 246,32 Km². Sus aguas son afluentes del subsistema de cuencas del lago de Managua. Ver Figura 2.

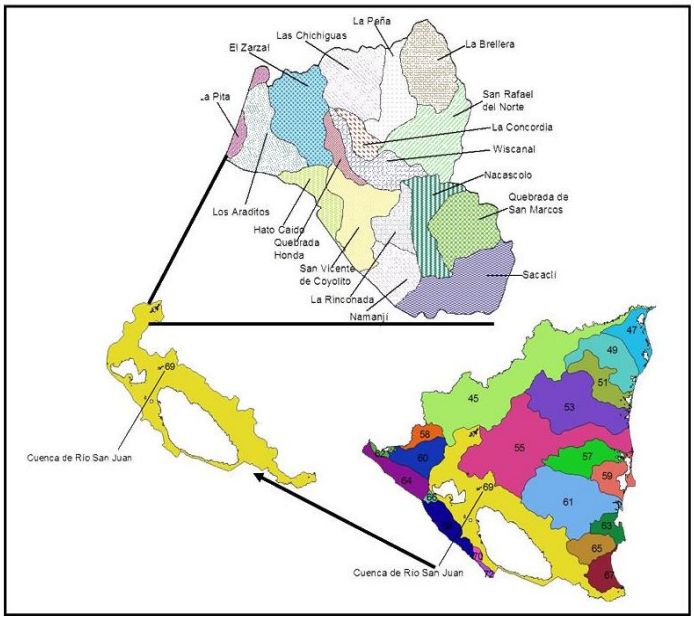


Figura 2. Mapa de Ubicación de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo.

Fuente: MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA (2007).

[1] MARENA-PIMCHAS (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales-Proyecto de manejo integral de cuencas hidrográficas agua y saneamiento) y La Alianza Terrena. 2008. Plan de Cuenca de la parte alta de la Subucuenca del Río Viejo.

3.2. Microcuenca Las Chichiguas

La microcuenca Las Chichiguas, se localiza a 6 km del casco urbano del municipio de La Concordia, Jinotega. Se localiza entre los 1000 y 1400 msnm, ha sido identificada como un área social y ambientalmente sensible (ASAS)[2] . Comprende una extensión de 2056 ha, representado en 19,47 km² del total de la parte alta de la subcuenca.

En la microcuenca se localizan 5 comunidades: La Colmena, La Esperanza, El Salto, Las Chichiguas, Mora Arriba y una finca con nombre La Estrechura, donde vive una población total de aproximadamente 331 familias, según Alianza Terrena.[3]

4. Método de Investigación

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron los siguientes métodos:

- Para la parte de las ciencias naturales: el método científico y dentro de éste el método hipotético-deductivo.
- Para las ciencias sociales: el método de Investigación Acción Participativa ya que los actores fueron sujeto de la investigación.

La estrategia metodológica empleada fue la triangulación que tiene como fin combinar la estrategia metodológica cuantitativa y la cualitativa.

---

2 Área sociales y ambientales sensibles

[3] Ingeniería Sin Fronteras (ISF), Centro Humboldt y La Cuculmeca.

En la parte social, la educación ambiental jugó un papel importante para la realización de las siguientes actividades:

- capacitación de los actores locales como asistentes de investigación para la recolección de datos (monitoreo de la calidad de agua, muestreo de macroinvertebrados y mapeo de los datos recogidos).
- sensibilización de los actores locales sobre la problemática estudiada.
- origen de datos para el diseño de programas de educación no formal.

Los instrumentos de investigación en el área de las ciencias naturales se basaron en el muestreo de agua, macroinvertebrados y plantas.

Las técnicas o instrumentos de investigación para la recopilación de la información utilizados en el área de las ciencias sociales, fueron: la encuesta (cuantitativa); entrevistas, grupos de discusión, grupos focales, sociodramas, investigación documental y observación (cualitativa).

Los instrumentos de análisis de los datos fueron: análisis estadístico (cuantitativa); lectura, análisis de textos y evaluación de los ítems empleados (cualitativa).

Las categorías de análisis se dividieron en tres etapas: pre-campo, campo y post-campo.

4.1. Etapa I: Pre campo:

4.1.1. Definición de las variables a monitorear y puntos de muestreo

Las siguientes variables fueron las que se midieron entre los meses de mayo del 2009 a abril del 2010:

- Parámetros físico-químicos y microbiológicos.
- Bioindicadores: macroinvertebrados y estado del bosque de galería.
- Percepción Ambiental Comunitaria.

Cada punto de muestreo fue ubicado según los cuatro diferentes usos de los suelos identificados en las comunidades que se describen a continuación:

Cuadro 1. Puntos de Muestreo y uso de suelo de las áreas monitoreadas.

Punto de muestreo	**Uso del suelo**
La Colmena	Hortalizas, café bajo sombra
Las Chichiguas	Granos Básicos
El Salto	Ganadería y pastos
La Mora	Punto de salida de la microcuenca

Dos condiciones básicas debían de cumplir los puntos de monitoreo:

1. Las áreas a muestrear fueran equivalente en área, pero sus usos contrastantes.
2. Los caudales en los puntos de monitoreo fueran equivalentes en caudal, pero las calidades de las agua superficiales contrastantes.

Los sitios de muestreos se georreferenciaron y fueron ubicados en un sistema cartográfico.

4.2. Etapa II: Campo

4.2.1 Mapas de Suelo

La cartografía digital correspondiente a la microcuenca se elaboró con la información colectada en el campo y los mapas bases provenientes de el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGFOR) y PIMCHAS. El software utilizado fue Arc View 3.2 (ESRI, 1996).

4.2.1.1. Descripción de los suelos

La descripción de los suelos consistió en la recopilación y análisis de la información disponible sobre: localización geográfica, división política, acceso, extensión, clima, formas de la tierra, espaciomapas del 2002, 2004 y 2006. Así mismo se trabajó con *The Comprehensive Resources Inventary and Evaluation System* (CRIES, 1976) y el Estudio de ordenamiento territorial de los departamentos Matagalpa y Jinotega (1998), generada por MAGFOR e INETER respectivamente.

La actualización de los suelos se realizó mediante un levantamiento semidetallado en campo con una relación de una observación por cada 1 km² en las áreas planas a onduladas y una observación por cada 5 km² en las áreas escarpadas de difícil acceso; la escala de trabajo y publicación de mapas fue de 1:20,000.

Para abarcar la variedad de suelos existentes se realizó un transecto desde La Mora – Las Chichiguas. Se describieron 9 barrenadas y 3 perfiles de suelos

4.2.1.2. Uso actual de la tierra

La interpretación del uso de la tierra se realizó como una clasificación supervisada de imágenes de satélite, con escala 1:20,000 para trabajo de campo y publicación. Para cada tipo de utilización de la tierra se obtiene una firma espectral, que sirve para identificar en el resto de la imagen los usos similares y el mapeo del territorio completo. Una vez que se cuenta con un mapa preliminar, se comprueban las áreas que han quedado sin clasificar y se ajusta a los tipos de uso identificados.

4.2.2 Balance Hídrico

Los balances hidrológicos pueden establecerse para diferentes períodos (días, semanas, meses, estaciones o años) y puede aplicarse a diferentes extensiones territoriales (parcela, cuenca hidrográfica, entre otros). Está en función de variables climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) y de las características de cada horizonte del suelo (profundidad, textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente); que determinan la Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD).

Los datos de precipitación y temperatura se han tomado de las estaciones meteorológicas con influencia en cada municipio tales como: San Sebastián de Yalí (INETER), Tomatoya (INETER), Namanjí (MAGFOR), La Concordia (INETER), Los Lirios (MAGFOR), Arenales (MAGFOR), Sijul (MAGFOR), Jinotega (INETER), La Porra (INETER) y San Rafael del Norte (INETER). Los datos climáticos fueron procesados con Polígonos de Thiessen, Método de Isoyetas y el Modelo Climático llamado WorldClim (Hijmans et al, 2005). El período analizado fue de 1997 al 2006.

El Balance hídrico

ENTRADAS – SALIDAS = ∆ S

Donde:

Entradas:

Precipitación,

Flujo de entrada de agua subterránea

Salidas:

Escorrentía, evapotranspiración,

Flujo de salida de agua subterránea

∆ D**S:** Variación del agua almacenada en la cuenca

A continuación se describen cada uno de los parámetros que definen el balance hídrico, según Dingman (1994). Está en función de variables climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) y de las características de cada horizonte del suelo (profundidad, textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente); que determinan la Capacidad de Retención de Agua Disponible (CRAD).

Matemáticamente se calcula utilizando la siguiente fórmula:

CRAD = H x Da x (CC – PMP)/ 100 (Gandullo, 1985)

Donde: CRAD= Capacidad de Retención de Agua Disponible

H = Profundidad del suelo (cm) a la que llegan las raíces

Da = Densidad aparente del suelo (gr/cm^3)

CC = Capacidad de Campo (%)

PMP = Punto de Marchitez Permanente (%)

Cuando en el perfil del suelo hay elementos gruesos hay que descontarlo y se calcula como sigue:

CRAD = H x ((CC – PMP)/ 100) x (100 – Volumen de piedras)/100

1. Temperaturas medias mensuales (T): obtenidas a partir de mediciones directas.

2. Evapotranspiración potencial (ETP): determinada por alguno de los métodos existentes (Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (1950), etc.). Para el estudio se utilizará el método Thornthwaite y se procede a como sigue:

   - Se calcula un índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

     $$i = (t/5)^{1.514}$$

   - Se calcula el índice de calor anual I, suma de todos los valores de i
   - Se calcula la ETP mensual sin corregir mediante la fórmula:

     $$ETPsin\ corr = 16 \times (10 \times t/I)^{a}$$

     Donde: ETP sin corr= ETP mensual

     t = temperatura media mensual, ºC

     I = Índice de calor anual

     $$a = 675 \times 10^{-9} \times I^{3} - 771 \times 10^{-7} \times I^{2} + 1792 \times 10^{-5}\ I + 0.49239$$

   - ETP corr = ETP sin corr x Factor de corrección (f) de acuerdo con el mes considerado y a la latitud de la localidad que determinan las horas de sol, cuyos valores se obtienen de una tabla.

3. Pluviometría media mensual (P): obtenidas a partir de registros en la zona.

4. Pérdidas o adiciones potenciales de la humedad del suelo (P-ETP): los valores positivos corresponden a adiciones potenciales y los negativos a pérdidas potenciales, ambos relativos al contenido de humedad en el suelo. Los meses con valores positivos constituyen el período húmedo y aquellos con valores negativos, el período seco.

5. Pérdida potencial acumulada (p.p.a.): para cada mes se obtiene como suma de las pérdidas potenciales existentes en dicho mes y los anteriores.

6. Agua almacenada en el suelo (RES): es la cantidad de agua capilar contenida por el suelo, que depende de la capacidad de campo y de las pérdidas potenciales acumuladas.

$$RES = CRAD \times e^{ppa/CRAD}$$

7. Cambios de la humedad acumulada en el suelo (ΔRES): para cada mes se obtiene por la diferencia entre la humedad que contiene al final del mismo y la de su inmediato anterior.

8. Evapotranspiración real (ETR): para los meses en que las precipitaciones superan a la evapotranspiración potencial, su valor es igual al de ésta. Para los meses en que la evapotranspiración potencial supera a las

precipitaciones su valor es igual al de éstas más las pérdidas de agua almacenadas en el suelo:

$ETR = P + (\Delta ST)$ en el período seco

$ETR = ETP$ en el período húmedo.

9. Déficit de humedad (D): es igual a la diferencia entre la evapotranspiración potencial y real.

$D = ETP – ETR$

10. Exceso de humedad (S): su valor es la diferencia P – (ETP + RES). Sólo tiene existencia en los meses en que P – ETP sea positivo y además el suelo alcance su capacidad de campo, pues en caso contrario la diferencia pasa a engrosar el contenido en humedad del suelo.

11. Escorrentía total (R): se considera que la escorrentía de cada mes es igual al 50% de la suma de la aportación mensual más lo que queda de los meses anteriores.

$R = (R + S)/2$

4.2.3 Monitoreos

Los sitios de muestreo fueron escogidos a conveniencia (observacional) por las condiciones ambientales de la microcuenca. Cabe resaltar que en el año 2009 Nicaragua se encontraba bajo los efectos del fenómeno del Niño y en el 2010 hubo una tormenta tropical que coincidió con el último monitoreo.

En el siguiente cuadro se muestran las fechas, las localidades y los variables que fueron monitoreadas.

Cuadro 2. Monitoreo de variables en la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega (2009-2010).

Muestreo	Fecha	Puntos de Muestreo	Colecta	Observaciones
1	26-30/05/2009	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Agua y plantas	Sitio El Salto seco. Macroinvertebrados no se colectaron porque recién iniciaba el invierno.
2	29/07/2009-2/08/	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Agua, macroinvertebrados y plantas	Sitio El Salto no se colectó ni agua, ni macroinvertebrados por estar seco.
3	24-29/09/2009	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Agua, mcroinvertebrados y plantas	
4	08-11/01/2010	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Agua, macroinvertebrados, plantas.	
5	08-11/03/2010	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Plantas	Ríos totalmente secos.
6	30/05/2010	La Colmena, Las Chichiguas, El Salto, La Mora.	Plantas	Tormenta Tropical imposibilitó colectar agua y macroinvertebrados.

4.2.3.1 Protocolo de campo para la toma de muestras de agua (Monitoreo físico-químico y microbiológico del agua)

Las muestras fueron recogidas siguiendo el protocolo establecido por el laboratorio de agua de la UNAN-León.

Para los análisis físico-químicos se utilizaron botellas de vidrio estériles de 4 l de color ámbar como envases para la toma de las muestras de agua. Se llenaron completamente para evitar burbujas de aire o contaminantes. Para los análisis microbiológicos se utilizó botella de plástico de color claro dejando un cuarto de la botella vacía para que respiraran las bacterias.

Todos los envases fueron debidamente identificados con los datos de la comunidad, quebrada, punto de muestreo, fecha y hora, luego se colocaron en una hielera con temperatura promedio de 10 ºC, para llevarlas a los laboratorios de la UNAN-León. El tiempo transcurrido entre la recolección de las muestras y la entrega al laboratorio fue menor a 12 horas, asegurando la calidad del análisis.

4.2.3.2 Análisis de muestras en laboratorio

El análisis físico-químico y microbiológico del agua estuvo a cargo del laboratorio de la UNAN-León. Se procesaron 14 muestras de agua; de éstas, 4 muestras fueron tomadas y analizadas en época seca, 10 durante la época lluviosa. En el cuadro 3 que se presenta a continuación se describen los parámetros físico-químicos analizados.

Cuadro 3. Parámetros físico-químicos monitoreados en agua superficial de la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega, Nicaragua.

Parámetro	**Unidad**
Oxígeno disuelto	mg/l
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH

Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	mg/l
Sólidos suspendidos	mg/l %
Sólidos sedimentables	mg/l %
Turbidez	UNT
Nitratos	mg/l
Fosfatos	mg/l
Conductividad Eléctrica	uS/cm
Coliformes totales y fecales	NMP/100ml

4.2.3.3 Monitoreo biológico de las quebradas en estudio.

Para la generación de bioindicadores de la calidad de aguas superficiales, macroinvertebrados, se elaboraron tablas de doble entrada para cada período de muestreo (época seca y época lluviosa), donde la presencia de la especie fue indicada por el número 1 y la ausencia por el cero.

4.2.3.3.1 Calidad biológica del agua superficial

Con el fin de establecer la calidad del agua en cada una de las estaciones de muestreo se calculó el índice BMWP/Col según la metodología propuesta por Roldán (1999), Roldán (2001), Roldán (2003), Zamora (1999) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera) utilizado por Carrera & Fierro (2001).

4.2.3.4 Plantas Vasculares Superiores

Se realizó el inventario florístico en todo el bosque de galería de la microcuenca, dentro de los 30 m del área de amortiguamiento y se establecieron parcelas de monitoreo según el método de Gentry (1988), considerando: árboles, arbustos,

lianas, bejucos y hierbas, que en el momento de la colecta estaban florecidas o/y con fruto. Este valor de 30 m es conforme a lo establecido en la Ley de Agua de Nicaragua.

En cada muestreo se colectaron tres a cinco duplicados de cada especie con flores y frutos, de 30 cm de largo, colocando la muestra en papel periódico debidamente rotulada con el nombre y apellidos del colector. Las muestras fueron conservadas en alcohol al 70% y empacadas en bolsas para ser trasladadas al herbario de la UNAN-León.

Al momento de colectar las muestras se anotaron en el libro de campo los siguientes datos: Localidad de la colecta, coordenadas geográficas y la descripción de la planta, que incluye la forma de vida, presencia de látex, coloración de las flores y frutos, caracteres útiles para la identificación del material seco.

4.2.3.5 Percepción Ambiental Comunitaria en la problemática del agua

La situación de la calidad del agua en nacientes y quebradas, requiere ser tratada a nivel micro y macro, donde la participación permanente de la comunidad, es clave en la toma de decisiones. Para lograr este fin, se hizo uso de talleres participativos y encuestas de percepción ambiental.

Los talleres facilitados fueron los siguientes:

- Taller para niños de pre-escolar con el fin de solucionar el problema de la basura y mal uso del agua.
- Taller para determinar la problemática ambiental y sanitaria de la microcuenca a líderes comunales, estudiantes de secundaria y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que tienen incidencia en la microcuenca.
- Taller para la elaboración de materiales de educación ambiental a profesores y educadores ambientales.

Se aplicaron dos encuestas: en la primera se adaptó la metodología elaborada por el Centro de Investigaciones Psicológicas y Sociológicas (CIPS)[4] para los estudios de percepciones ambientales. La encuesta fue cerrada y aplicada a una muestra de 15 comunitarios de las diferentes comunidades de la microcuenca.

El conjunto de categorías que abarcan las percepciones a estudiar se definieron según los siguientes aspectos y variables:

Cuadro 4. Categorías, aspectos y variables de percepción ambiental.

Categorías	Aspectos	Variables
Conocimiento	1- Conocimiento sobre la microcuenca Las Chichiguas.	Identificación o no de límites y extensión geográfica de la microcuenca

[4] Véase Espina et. al (1999, 2001, 2002, 2004)

	2. Conocimiento sobre los recursos hídricos superficiales de la microcuenca Las Chichiguas.	Identificación y ubicación o no de los ríos o riachuelos, ojos de agua de la microcuenca.
	2-Conocimiento sobre medio ambiente	Definición amplia o estrecha de medio ambiente
Conocimiento/ Sensibilidad	3-Conocimiento sobre problemas vinculados directamente a la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales.	Identificación o no de problemas relacionados directamente con la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales.
	4-Conocimiento de especies de flora y fauna autóctonas afectadas.	Identificación o no de especies de la flora y la fauna autóctonas, afectadas por los problemas o en peligro de extinción
Sensibilidad	5-Evaluación sobre el nivel de información recibida sobre medio ambiente	Satisfacción o no con el grado de información sobre los problemas que afectan a los recursos hídricos superficiales.
	6-Percepción de responsabilidad ante los problemas vinculados a los recursos hídricos superficiales.	Identificación de responsables de los problemas (actores internos de la comunidad o externos)
	7-Percepción sobre los que más se preocupan por los problemas ambientales	Identificación de los actores que más se preocupan por los problemas (actores internos de la comunidad o externos)
Disposición al cambio	8-Disposición de las comunidades a acciones transformativas.	Posibilidades de realizar acciones endógenas para dar solución a los problemas.

La segunda encuesta se aplicó utilizando uno de los modelos en educación ambiental para predecir el Comportamiento Ambiental Responsable, el modelo de Hines et al. (1986) y Hungerford y Volk (1990), conocido por las siglas REB en inglés. Los ítems a considerar se definieron de acuerdo a: conocimiento, actitud, locus control, intención de actuar y responsabilidad ambiental.

Para indagar la percepción se aplicó una encuesta de 50 items divididos en las variables antes mencionadas. El total de pobladores encuestados fue el 10% de la población de la microcuenca. Para el procesamiento de datos se llevó a cabo un análisis de fiabilidad y se valoró cada ítem en su aporte a la consistencia del instrumento.

4.2.3.6. Plan de Acción de la Microcuenca Las Chichiguas

Cuatro talleres se realizaron y se describen a continuación:

a. 1er Taller Municipal con actores locales

Se realizó el día 22 de febrero con la participación de los diferentes actores locales que tienen que ver con el uso y manejo de los recursos naturales, tales como; Alcaldía Municipal de La Concordia, entidades del estado (MAGFOR, MARENA, INAFOR, INIFOM, INTA, MINSA, MINED), organizaciones locales (Cooperativas Blanca Aráuz de La Concordia, Odorico de Andrea, Tepeyac, SOPROCOM RL, APRODECON-BZ, y el comité de la micro cuenca), y actores externos como el proyecto MARENA PIMCHAS, Programa TERRENA; y Universidades como la UNA, UNA LEON y CIRA UNAN.

El propósito de este taller fue compartir las diferentes inversiones realizadas en la microcuenca según las diferentes líneas de acción del Plan de Acción del 2008 y los resultados de investigaciones que realizan las Universidades sobre el estado los recursos naturales en esta zona.

b. 2do Taller con líderes comunitarios, CAPS y Comité de Microcuenca

Se realizó el día 2 de marzo de 2011, con la participación de los líderes comunitarios de las diferentes comunidades de la microcuenca y sus organizaciones.

Los propósitos de estos talleres fueron los mismos que el 1er taller, con la diferencia que estaba dirigido a líderes y miembros de los CAPS y microcuenca.

c. 3er Talleres comunitarios para la actualización del Plan de Acción

Los talleres se efectuaron los días 10 y 11 de marzo con la participación de los comunitarios. El día 10 de marzo se llevaron a cabo en la escuela de Mora Arriba, para las comunidades Mora Abajo y Mora Arriba y en la escuela de Las Chichiguas. El día 11 en la escuela de El Salto, tanto para El Salto como para La Esperanza y en La Colmena. Todos se llevaron a cabo por las tardes de cada día a fin de garantizar la asistencia y participación de la mayoría de la población.

Estos talleres tuvieron como propósito involucrar a la población que viven en la microcuenca en la reflexión sobre la problemática, los avances en el cumplimiento del Plan de Acción y elaborar conjuntamente nuevas propuestas o ratificar las acciones correctivas que se vienen proponiendo en los dos talleres anteriores.

Para agilizar el proceso de reflexión, análisis y toma de decisiones se comenzaron los talleres con una plenaria de presentación de los temas trabajados en el segundo taller, luego trabajos de grupo según las diferentes líneas de acción y por ultimo otra plenaria para tomar acuerdos.

d. 4to Taller de consenso de nuevo Plan de Acción

Este taller tuvo como propósito definir y realizar el consenso de las líneas de acción a incorporar en el nuevo Plan de Acción. Para ello los representantes de cada comunidad compartieron los acuerdos logrados en los talleres comunitarios principalmente en lo relacionado a compromisos locales. Asimismo, los diferentes actores locales participantes en el primer taller asumieron sus compromisos respectivos que fueron reflejados en el Plan de Acción.

4.3 Etapa III: Post-campo

En el análisis de datos se realizó a nivel descriptivo e inferencial con el software SPSS 15.0 para Windows. Para el procesamiento y análisis de resultados se

realizó primero de forma descriptiva a través de la generación de gráficos y estimaciones puntuales, posteriormente a través de análisis inferencial mediante métodos de análisis multivariado, análisis factorial, (ANAVA), y de pruebas no paramétricas donde fuese pertinente.

4.3.1 Interpretación de Resultados del Monitoreo Biológico de Macroinvertebrados

BMWP:

Para la asignación de valores a las familias de macroinvertebrados se utilizó la metodología de Roldán 2009. Ver los cuadros 5 y 6.

Las aguas se clasifican de acuerdo a la puntuación obtenida por las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan como valores BMWP/Col. Una vez obtenido el puntaje total BMWP, se divide por el número de los taxa; el resultado es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio y se le conoce como ASPT (Armitage et al, 1992). De acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándole a cada una de ellas un color determinado. Este color es el que se usa luego para marcar los ríos y corrientes en el mapa de la región estudiada.

Cuadro 5. Puntaje para familias presentado por Roldán (2009, Managua, Nicaragua).

FAMILIAS	Puntaje (BMWP Col)
Perlidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae,Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessiidae "hidracáridos", Polythoridae, Gomphidae	10
Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae,Gyrinidae	9
Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simulidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae, Hebridae, Hydrobiida	8
Baetidae, Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohyphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae	7
Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnychidae, Neritidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae	6
Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae,Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Planorbidae	5
Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolicopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae	4
Hirudinea (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta (Tubificidae)	1

Cuadro 6. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.

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

Fuente Armitage et al, 1992

Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera):

En primer lugar se coloca en una columna la clasificación de organismos, en una segunda columna la abundancia y una última columna con los EPT presentes. Posteriormente los EPT presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad. (Carrera & Fierro 2001), que se muestra a continuación:

Cuadro 7. Calidad de agua para índice de EPT

Clase	Indice EPT (%)	Calidad del agua
1	75- 100	Muy buena
2	50- 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	O – 24	Mala

Fuente: Carrera & Fierro 2001

Los datos provenientes de los monitoreos de los macroinvertebrados fueron procesados con el software Community Analysis Package 4.0. PAC (Paquete de Análisis de la Comunidad, Pisces Conservation Ltd., Reino Unido, 2007). El conjunto de datos de entrada se organiza como una matriz de dos dimensiones.

Para describir la estructura numérica de la comunidad de plantas, se utilizaron los índices de:

- Diversidad de Shannon - Weaver (H') (Roldán, 2003). Este índice se mide en unidades de bits/individuo cuando la escala logarítmica es base 2.
- Dominancia de Simpsom (D) (Rondán, 2003). Este índice muestra la abundancia de las especies más comunes, por lo tanto se refiere al mayor número de especies representadas en la muestra total de individuos, (su valor va de 0 a 1).

EL ENFOQUE DE LA DIVERSIDAD

Shannon-Weaver (1949):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (ni / n) \ln (ni / n)$$

donde:

H' = índice de diversidad
ni = número de individuos por especie
n = número total de individuos
ln = logaritmo natural

Simpson (1949):

$$I = -\sum \frac{ni\,(ni - 1)}{N\,(N - 1)}$$

donde:

ni = número de individuos por especie
N = número de individuos

5. Resultados y Discusión

La gestión integral de las cuencas hidrográficas se refiere a la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial con el agua como recurso que une e integra sistémicamente la cuenca (Jiménez, 2007, Millan, 2005). Es la implementación no sólo de sistemas socioeconómicos sino, también de los sistemas de manejo que aseguran la preservación, rehabilitación y restauración de los recursos naturales, mediante su uso sostenible, para asegurar el desarrollo humano sostenible.

5.1. Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo fueron cuatro, realizando un total de seis recuentos durante un año, tres en época lluviosa y tres en época seca. Cabe señalar que todas las aguas superficiales que se monitorearon son utilizadas en sus nacimientos, como agua potable de la población, por tanto los parámetros utilizados para realizar la evaluación son los de agua potable.

En la Figura 3 se presentan los sitios de muestreo para todas las variables que se monitorearon por un período de un año, estás son: agua, plantas y macroinvertebrados.

Figura 3. Puntos de monitoreo de agua y plantas en la microcuenca Las Chichiguas.

Los puntos de muestreos se ubicaron en diferentes zonas de uso de suelo, donde los caudales fueron semejantes. En el siguiente cuadro 8 se describen las características más sobresalientes de éstos.

Cuadro 8. Descripción general de los puntos de muestreo en la microcuenca Las Chichiguas

Punto	Sitios de muestreo	Uso de suelo	Observaciones
1	La Mora	76% pastizales, 21% cultivos anuales, 3%bosque.	Vegetación a orilla del cauce con 60% de sombra. Árboles de 20 m de altura. Presencia antrópica marcada por estar ubicado sobre un puente peatonal.
2	El Salto	72% pastizales, 27% bosque, 0,5% cultivos anuales, 0.5% hortalizas.	Rodeado por pastos. Vegetación a la orilla del cauce casi nula. Pocos árboles grandes en la cercanía del punto de muestreo. Residuos de envases de agroquímicos.
3	Las Chichiguas	55% bosque, 30% pastizales, 10% café, 5% cultivos anuales.	Se encuentra a 30 m de un puente. Presenta una ribera descubierta con buena penetración de los rayos solares, con 40% de sombra. Vegetación a orilla del cauce. Arboles de 10 a 15 m de altura. Es evidente la intervención antrópica por la presencia de residuos sólidos y basuras, incluyendo envases de agroquímicos.
4	La Colmena	50% bosque, 32% pastizales, 10% café, 5% hortalizas, 3% cultivos anuales.	Es la parte más alta de la microcuenca y considerada el área de recarga. Árboles de 30-40 m de altura, con un 85% de sombra sobre el punto de muestreo. Su ribera presenta vegetación nativa. Su lecho contiene piedras de gran tamaño en abundante proporción.

5.2. Génesis de suelos

Predominan los suelos del orden Molisol seguido del orden Entisol y en menor proporción se encuentran los suelos jóvenes de los órdenes Inceptisol y en muy poca proporción Alfisol. En el cuadro 9 se muestra el porcentaje que ocupa cada orden de suelos en la microcuenca Las Chichiguas.

Cuadro 9. Órdenes de Suelo en la microcuenca Las Chichiguas, Jinotega.

MUNICIPIO	ORDEN	Área (Has)	%
La Concordia	Alfisol	37,98	1,08
	Entisol	1214,47	34,37
	Inceptisol	234,36	6,63
	Molisol	1463,57	41,43
San Sebastián de Yalí	Entisol	452,47	12,81
	Molisol	130,16	3,68
Total de hectáreas		3533,00	100

A continuación se presenta el mapa de Suelos de la microcuenca Las Chichiguas actualizado.

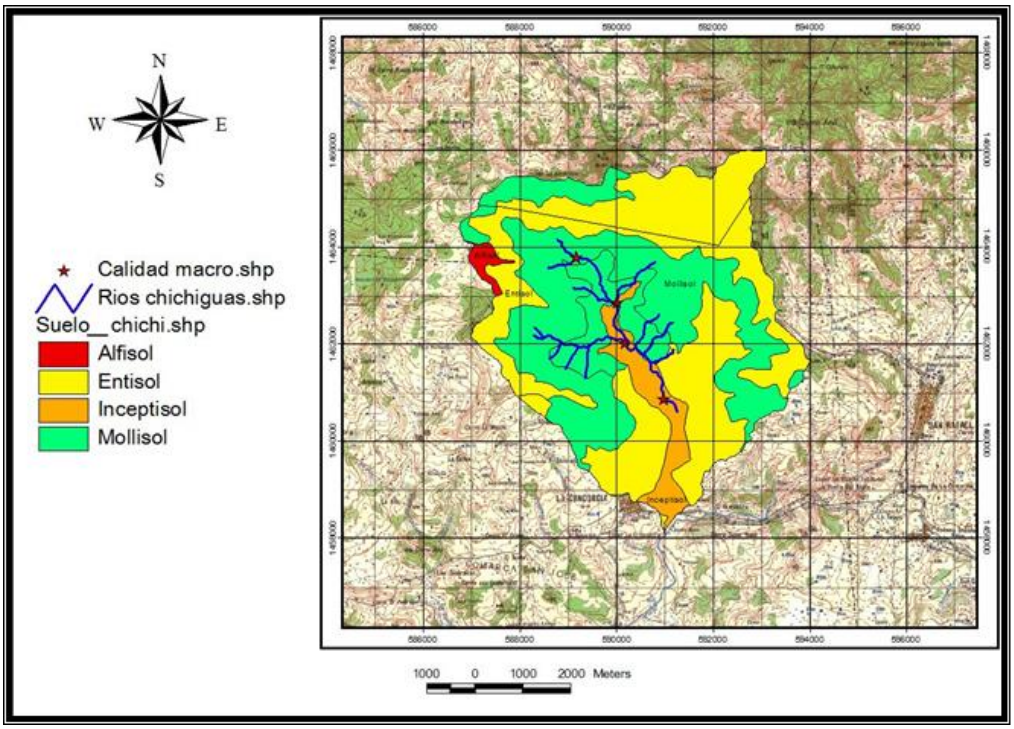


Figura 4. Mapa de suelo de la microcuenca Las Chichiguas, La Concordia.

5.3. Uso del Suelo

Según el mapa de uso actual de la microcuenca, se identificaron seis categorías de uso de la tierra, con predominancia de bosque latifoliados fuertemente intervenidos, seguido de pastos, y cultivos anuales. Todavía hay áreas importantes de bosque latifoliado abierto y cerrado (42,16% del área total de la microcuenca), lo que favorece la infiltración del agua en el suelo. En el Cuadro 10 se presenta el área y porcentaje del uso actual determinado en el área de captación en estudio.

El 58% del suelo está siendo utilizado para actividades agropecuarias, tales como café con sombra, cultivos anuales, hortalizas y pastizales. Otro porcentaje que llama la atención, es el del 22% que corresponde al bosque latifoliado cerrado ubicado en las comunidades de La Colmena y Las Chichiguas, que son las comunidades que presentaron mejor calidad de agua. A continuación se describen las categorías identificadas en este estudio:

- **Bosque latifoliado abierto (BLA)**

Es un bosque remanente conformado por árboles latifoliados que tienen entre 5 y 10 m de altura y cobertura de copas de árboles entre 50 y 70%. Pertenecen a este grupo los bosques latifoliados fuertemente intervenidos, también algunos potreros abandonados que por regeneración natural se han venido poblando nuevamente de árboles (ver Cuadro 10).

- **Bosque latifoliado cerrado (BLC)**

Es un bosque remanente que se encuentra en las partes montañosas generalmente más quebradas (30% de pendiente y más), con temperatura media anual inferior a los 24º C y lluvias menores a los 1200 mm anuales (ver Figura 5).

Figura 5. Bosque latifoliado cerrado.

- **Café con sombra (C)**

Café con sombra conformada por árboles de porte mediano y alto, de copas de buena cobertura, (***Inga vera***, ***Erythrina poeppigiani*** y ***Cordia alliodora***), donde el factor climático y los suelos juegan un papel muy importante en lo que se refiere a bajas temperaturas y suelos profundos. (ver Cuadro 10 y Figura 6).

Figura 6. Cafetales bajo sombra.

- **Cultivos anuales**

Esta categoría está representada por cultivos anuales (granos básicos con predominio de maíz, frijol que se siembran en asociación, también algunos siembran tomate). Esta categoría de vegetación se distribuye en la parte baja, y media del municipio (ver Cuadro 10).

- **Hortalizas**

Este tipo de uso se ubica generalmente en áreas más altas del municipio en donde las temperaturas inferiores a los 24º C y lluvias mayores a los 1200 mm anuales (subtropical húmedo) son adecuadas para cultivos de clima fresco como el caso de la papa, repollo, lechuga, zanahorias y remolacha (ver Cuadro 10).

- **Pastizales**

Se ha incluido potreros de ganadera extensiva, pastos mejorados, barbecho, pastos con arbustos y pastos con árboles dispersos, así como también vegetación arbustiva), ya que la resolución de la imagen de satélite no permitió separar estas unidades con más detalle, siendo la firma espectral idéntica para estos usos (ver Cuadro 10).

- **Uso Urbano**

Se refiere a zonas donde se localizan los centros poblados, la principal es la cabecera municipal. Ocupa 18 hectáreas que representan el 0.12% del área total (ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de uso actual del suelo en la microcuenca Las Chichiguas, La Concordia, Jinotega, Nicaragua.

Uso actual	Área (Has)	%
Bosque latifoliado abierto	710,80	20,12
Bosque latifoliado cerrado	778,74	22,04
Café con sombra	160,22	4,53
Cultivos anuales	529,37	14,98
Hortalizas	40,20	1,14
Pastizales	1309,51	37,07
Urbano	4,14	0,12
Total	3532,98	100

A continuación se presentan el mapa de uso actualizado para el año 2010.

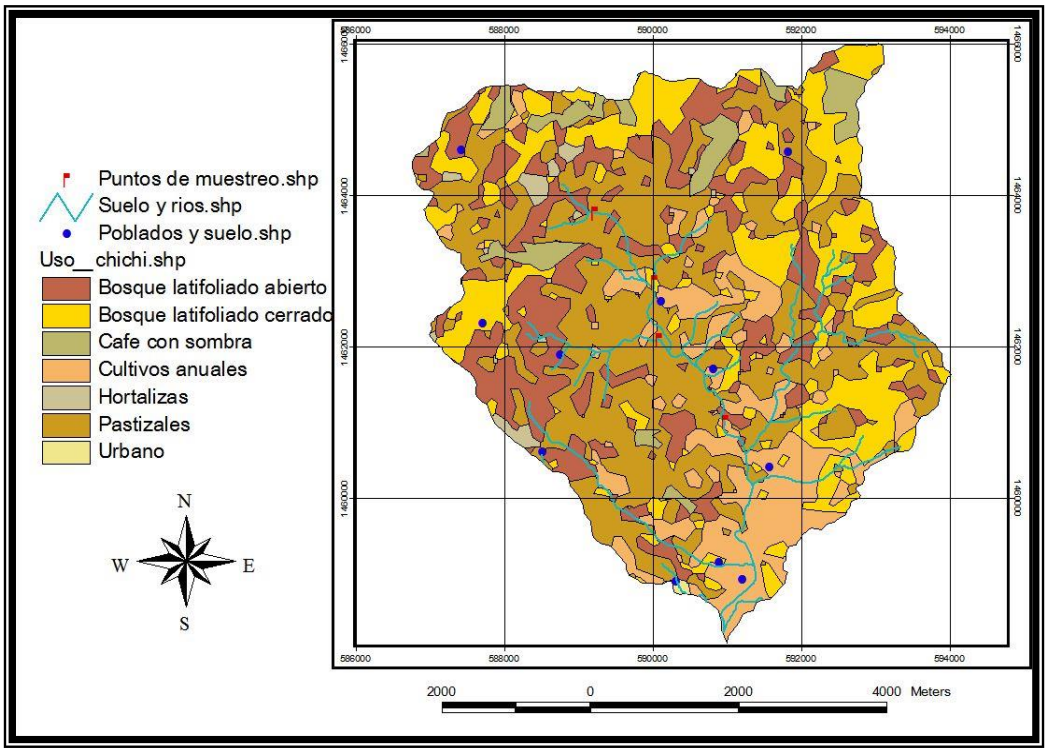


Figura 7. Mapa de uso actual de suelo de la microcuenca Las Chichiguas

En el mapa de uso actual, el mayor porcentaje de uso corresponde a pastizales (37%), lo que agrava la situación expuesta en el 2007 por el PIMCHAS y se confirma que es la actividad que genera más contaminación en las fuentes de agua superficiales.

5.4. Balance Hídrico

A continuación se presentan los balances hídricos por cada orden de suelos representativos de la microcuenca.

Para el orden Molisol, los máximos excedentes de agua son en los meses de junio, septiembre y octubre, disminuyendo en noviembre. Esto es debido a que en este tiempo se registraron las mayores precipitaciones. El déficit de agua inicia a partir del mes de diciembre y finaliza en mayo donde disminuye muy drásticamente con el inicio de las precipitaciones.

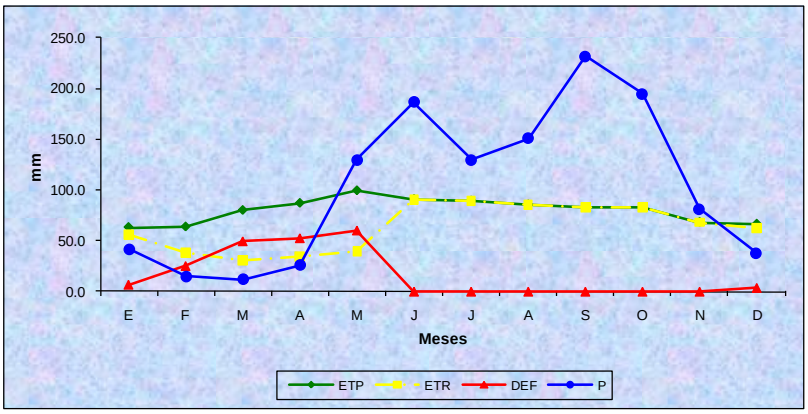


Figura 8. Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelo Molisol

El orden de suelo Entisol, presenta en cuatro meses de los años hidrológicos estudiados, déficit de agua, en un período muy marcado en los meses entre diciembre y abril. Este déficit disminuye muy drásticamente con el inicio de las precipitaciones en mayo.

Las reservas más los excedentes de agua se inician en los meses que corresponden a la época lluviosa (mayo a noviembre), debido a que la precipitación está por encima de la evapotranspiración real. Los excedentes de agua se da en los meses de mayo a octubre (Figura 9). En diciembre se da inicio a la utilización de la reserva del suelo por la vegetación debido a que ha terminado el periodo con precipitaciones.

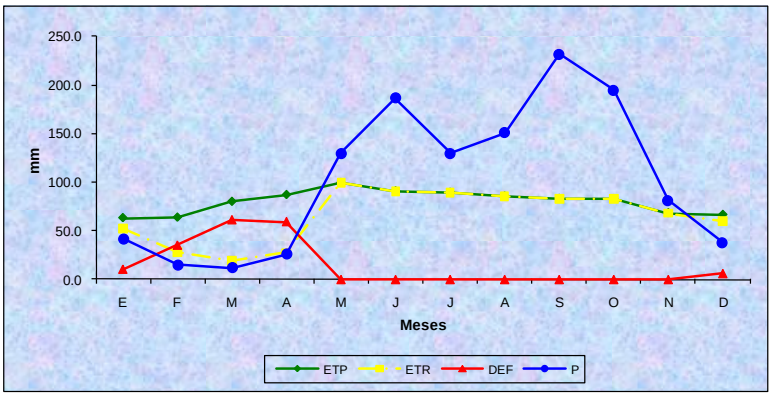


Figura 9. Períodos de exceso y déficit de agua para el orden de suelo Entisol

5.5. Oferta de Agua de la microcuenca

La oferta de agua, según los órdenes de suelos identificados en la microcuenca (Cuadro 11), es positiva en el área estudiada. Sin embargo, la mayor parte de esta agua se pierde por escorrentía superficial, que ocasiona déficit de agua en los meses secos del año (diciembre – abril).

En los meses de marzo y abril se presentan los mayores valores de déficit de agua y los niveles freáticos bajan mucho, provocando que la población padezca por falta del vital líquido durante este período.

Según estos resultados, de seguir con las áreas sobreutilizadas y que se sigan realizando actividades de cambios de uso del suelos, se favorecerán los procesos erosivos, impidiendo que el agua se infiltre, percole y recargue el acuífero.

Cuadro 11. Oferta de agua por orden de suelo

	Área	**MMC/año**
Orden Suelos	**km²**	
Entisol	16,67	7,94
Molisol	15,94	7,59
	Total	**15,53**

5.6. Aforo de corrientes

El caudal es la variable más interesante, puesto que a través de él se cuantifican consumos, se evalúa la disponibilidad del recurso hídrico y se planifica la respectiva gestión de la cuenca.

Se determinaron los caudales circulantes en los sitios de muestreo de agua en la subuenca del Río Viejo. El aforo de las corrientes se midió en dos momentos uno el 18 de septiembre del años 2009, donde se determinó en los tres sitios de cada microcuenca (La Mora parte alta, Zapote Oriental parte media y Colón Abajo parte baja) y un segundo momento el día 23 de diciembre del 2009. En los dos momentos en que se determinó el caudal de los sitios en estudio, se observó un flujo continuo (no presencia de aguas estancadas).

El caudal en el primer muestreo realizado el 18 de septiembre del 2009; es bajo con respecto al segundo muestreo, esto puede ser una consecuencia del fenómeno de El Niño.

El INETER (2009), para la estación meteorológica de Jinotega reporta como norma histórica de 29 años de registros, precipitaciones medias mensual en el orden de 199.9 mm para el mes de septiembre. Sin embargo, para este mismo mes en el 2009, se registran precipitaciones de 45 mm, por lo que se tiene un déficit de -70% por debajo de la norma histórica.

En el segundo muestreo se obtuvieron valores más bajos en La Mora (0.004 m^3/seg) y Colón Abajo (0.05 m^3/seg), ver figura 46 esto se debe a que finalizó la etapa lluviosa y por ahora está fluyendo el agua que se escurre por flujo subsuperficial, que todavía mantiene el nivel freático alto en estos ríos y por tanto el caudal circulante de los mismos. La Mora es el punto de salida de la microcuenca Las Chichiguas.

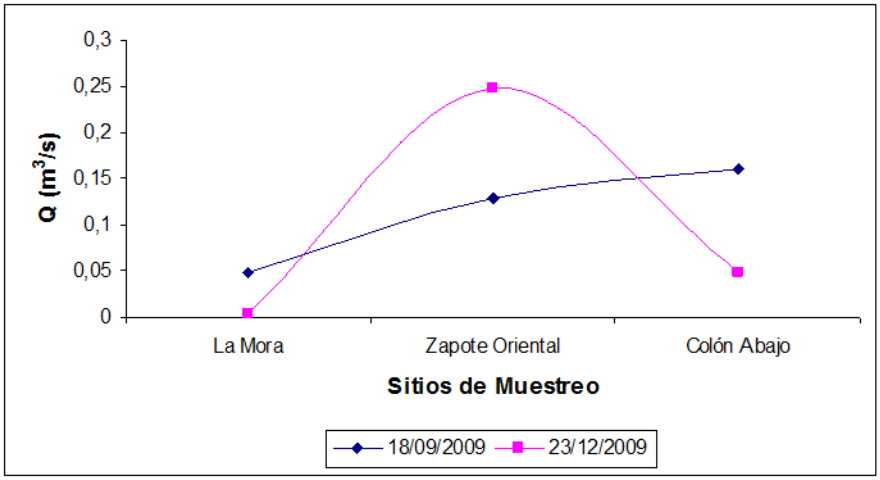


Figura 10. Caudal circulante en los sitios de muestreo de agua, microcuenca Río Viejo, La Concordia.

5.7. Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos

5.7.1. Físico-químicos

En este estudio, todas las variables demostraron tener una relación directa tanto con el uso de suelo como con el estado del bosque de galería. Nitlapan, UCA, 2007, determinó que la calidad del agua está relacionada con las actividades silvopastoriles, a mayor área de pasto cercana a fuentes de agua, menor grado de calidad de agua. Cabe señalar que dicho estudio sólo comparó y evaluó el Impacto de los Sistemas Silvopastoriles en la calidad del agua en microcuencas ganaderas de Matiguás, Nicaragua.

En el cuadro 12 se muestra los resultados obtenidos durante todos los monitoreos por fecha y por localidad (zona de uso de suelo). En el sitio de muestreo de El Salto no se tomó muestras de agua (25/05/2009, 03/08/2009 y 10/02/2010), debido a que estaba seco, igualmente en el sitio de Las Chichiguas en el muestreo del día 10/02/2010.

Cuadro 12. Parámetros físico-químicos obtenidos

Sitio de muestreo	Fecha de muestreo	pH	C.E.	Turbidez	Fósforo Total	Nitrato	Sólidos total	Sólidos sedim	DBO_5	DQO	Oxígeno disuelto
		Unidades de pH	µs /cm	NTU	mg/L	mg NO_3^-/L	mg/L	ml/L	mg O_2/L	mg O_2/L	mg O_2/L
Valores permisibles según Normas CAPRE		**6.5 a 8.5**	**400**	**5**	**5.00**	**25**					**8.00**
La Mora	25/05/2009	7,12	370	2,2	0,1	12,88	1	0,1	2,24	54,55	8,15
	03/08/2009	7,38	305	0,67	0,34	0,76	5,5	0,1	0,33	21,14	7,11
	28/09/2009	7,38	320	0,12	0,22	0,76	0,4	0,1	0,72	21,14	7,29
	03/12/2009	7,28	327	0,6	0,24	0,76	0,4	0,1	0,15	21,14	8,42
	10/02/2010	6,93	322	13,7	0,99	4,46	27,8	0,5	1	21,13	0,05
El Salto	28/09/2009	7,42	299	2,94	0,45	0,76	2,4	0,1	1,38	51,12	8,33
	03/12/2009	7,35	308	2,87	0,28	0,76	5,6	0,1	1,18	21,14	7,64
Las Chichiguas	25/05/2009	7,72	456	13,4	0,22	4,29	9	0,1	1,5	28,05	8,13
	03/08/2009	7,94	301	1,78	1,9	0,76	9	0,1	0,52	21,14	7,72
	28/09/2009	8	300	1,42	0,16	0,76	2	0,1	1,47	47,89	8,6
	03/12/2009	7,93	393	3,93	0,26	0,76	21,6	0,1	0,67	21,14	7,64
La Colmena	25/05/2009	7,04	203	5,19	0,15	0,7	12,4	0,1	1,56	21,14	7,85
	03/08/2009	7,47	134,6	12,3	0,34	0,76	16,5	0,1	0,3	21,14	7,52
	28/09/2009	7,3	597,1	5,56	0,17	0,76	19,2	0,3	0,97	21,14	7,7
	03/12/2009	7,11	173,7	6,13	0,47	0,76	124,8	0,5	0,36	21,14	6,67
	10/02/2010	7,27	97,6	2,38	0,31	0,008	11,6	0,1	1,69	21,13	5,9

A continuación se describen los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros medidos durante un año:

a) Análisis de pH

En general, los valores de pH encontrados en todos los sitos de monitoreo evaluados son considerados adecuados, para todas las fecha se determinaron rangos de 6,93 a 8,0. Según la norma CAPRE, 1994, para uso potable, esta agua puede ser utilizada para consumo humano, ya que los valores encontrados se ubican entre los valores recomendados (6,5 a 8,5).

Los valores altos de pH presentados en el río Las Chichiguas (7,72 a 8,0) pueden atribuirse a la influencia del material parental (roca subyacente) en el área de la microcuenca. El agua de la escorrentía subsuperficial disuelve iones alcalinos, que posteriormente son arrastrados a las aguas del río, dando los valores de pH ligeramente mayores con respecto a los sitios de muestreos.

El rango de variación de pH en el segundo, tercero y cuarto muestreo son más amplio; esto se explica por el hecho que en el primer muestreo el agua de las lluvias que recién habían escurrido, llevaron hasta el cauce iones disueltos desde distintos tipos de materiales superficiales. Sin embargo, una vez que las lluvias cesan queda únicamente el flujo subsuperficial, marcando de manera más clara la influencia del tipo de roca de cada microcuenca bajo estudio.

b) Análisis de Conductividad Eléctrica

El valor medio de conductividad eléctrica es de 134,6 uS/cm a 597,1 uS/cm. La mayoría de los valores están dentro de los valores recomendados por las normas CAPRE, 1994 (400 uS/cm), a excepción de los valores de Las Chichiguas en el primer monitoreo y La Colmena en el tercero.

Esto puede ser debido a las altas concentraciones de calcio y magnesio en el suelo que tiene esta microcuenca tras un período seco (diciembre a inicios de mayo). En el resto de los muestreos los valores bajos de Conductividad eléctrica pueden ser debidos a las incidencias de las lluvias en todo el mes de junio e inicios de julio.

El calcio y el magnesio son elementos mayoritarios en las aguas y juegan un importante papel, tanto en las de alimentación y la salud, como las que se destinan en la industria, por su concentración y por los fenómenos físicos-químicos a que dan lugar (Catalán, 1981).

c) **Turbidez**

Los valores de turbiedad en todos los monitoreos están dentro del valor permisible por las normas CAPRE, 1994. En el primer muestreo los valores son más altos que el resto debido al arrastre de partículas de suelo por las precipitaciones. En los siguientes monitoreos los valores disminuyen debido a las incidencias de la sequía provocada por el fenómeno del Niño.

Estos valores coinciden con los reportados por Auquila, 2005 en un estudio realizado en Costa Rica en la subcuenca del río Jabonal, donde el uso de suelo son sistemas silvopastoriles y los datos obtenidos son inferiores a lo requerido para el consumo humano y desarrollo de las comunidades acuáticas, establecido en <25mg/l por lo tanto este parámetro no presentó ninguna evidencia de perturbación a nivel de este uso de suelo.

El comportamiento de La Colmena a pesar de estar dentro de los valores permisibles es diferente debido a la aplicación de agroquímicos en hortalizas que se llevó a cabo en la época de primera y en postrera.

d) Fósforo Total

El fósforo disuelto en agua puede proceder de ciertas rocas o del lavado de los suelos. La concentración de fósforo en las aguas superficiales depende de la densidad poblacional de la zona, de la ganadería existente, el uso de abonos, tipos de cultivos. Existe una fuente de fósforo artificial (detergentes polifosfatados).

Los valores más altos de fósforo total los presenta el agua en los sitios de La Mora y El Salto, sin tomar en cuenta el pico que se observa en Las Chichiguas entre los meses de mayo y septiembre debido a la aplicación de fertilizantes.

Cabe destacar que en estos sitios el uso actual del suelo es mayoritariamente de pastos lo que indica que la ganadería es extensiva y es la causa principal de estos valores. Se debe hacer notar que los altos valores en todos los lugares coinciden con las condiciones de estiaje de la época. Cantidades altas de este elemento en las aguas conllevan a la eutrofización de las mismas.

Es importante señalar que al igual que el estudio reportado por Schultz et al., (2004), se observó que en donde el bosque ripario presenta mejor estructura, los valores de fósforo disminuyen, pudiendo ejercer un efecto de zona buffer o filtro. Este autor reporta que los bosques riparios logran bajar las concentraciones de fosfatos del agua en comparación con zonas que tienen predominio de pasturas.
El incremento del fósforo en el punto de monitoreo de pasto, pudo ser consecuencia del crecimiento de fitoplancton que acelera el fenómeno de la eutrofización afectando la estructura del ecosistema acuático (Roldán 2003).

Todos los valores encontrados están dentro del rango permisible para aguas potables Valores según Normas CAPRE, 1994 de hasta 5 mg/L.

e) Nitratos

Los valores de nitratos determinados en el agua superficial en los sitios de muestreo de la microcuenca Las Chichiguas varia de >0,7 mg NO_3-/L y 12,88 mg NO_3-/L. Estos valores según lo establecido por las normas CAPRE, 1994 son muy bajos ya que los permisibles son de 25 mg NO_3-/L. lo que indica que estas concentraciones no representan peligro para la salud.

Los nitratos proceden bien de los procesos de nitrificación naturales (bacterias nitrificantes), por la descomposición de materia orgánica y contaminación urbana, industrial y ganadera, abonos agrícolas, pequeñas proporciones en el agua de lluvia (Custodio, 1983). La presencia de nitratos en las aguas de Puente Colgante, donde se reporta la mayor concentración (12,88 mg NO_3-/L), seguido de Las Chichiguas (4,29 mg NO_3-/L), puede ser debido tanto a la fertilización de abono (orgánico y mineral) en la agricultura, que se realiza en mayo con la siembra de primera, como a los vertidos urbanos.

Cabe destacar que en los siguientes muestreos las concentraciones son casi nulas (<0,76 mg NO_3-/L), ya que precisamente la época de aplicación de fertilizantes ha terminado, las lluvias han disminuido por el período de canícula por tanto no se produce arrastre de material que contenga nitratos.

Lowrance et al (2002), determinó que los bosques riparios pueden remover al menos 59% de la concentración de nitrógeno y 66% de fósforo proveniente de zonas de pastoreo, lo que se puede asociar con la baja concentración de fósforo encontrado en la zona de La Colmena.

f) Sólidos Totales

Tienen una muy buena correlación con los valores de sales disueltas. Por tanto los valores en los diferentes sitios de muestreo tienen una estrecha relación en cuanto a los contenidos de calcio y magnesio que estos suelos de la microcuenca presentan. Son mayores la concentraciones a partir del segundo muestreo debido a la concentración de las sales producto de la canícula.

Rossegrant et al. (2001) reporta que cuando hay presencia de sistemas silvopastoriles, éstos funcionan como áreas de filtro, disminuyendo el porcentaje de escorrentía superficial. Esto no puede ser evidenciado ya que no existe control del pastoreo en esta zona. En la zona no existen sistemas silvopastoriles, por tanto la escorrentía es mayor y por ende la contaminación del agua de los ríos y afluentes se ve afectada negativamente.

g) Sólidos Sedimentales

Son aquellos sólidos que sedimentan cuando el agua se deja en reposo durante 1 hora y según lo valores obtenidos y que se presentan en la tabla de parámetros físico-químicos, son muy bajos los valores determinados, por tanto es casi nula la presencia de estos en las aguas en todos los sitios de muestreo.

h) Análisis de DBO y DQO en las aguas

Durante todos los muestreos los resultados oscilan entre 1 y 2 mg O_2/L lo que significa que en estas aguas son de muy buena calidad, con muy pocos desechos orgánicos, ver cuadro 13.

Hooda *et al.,* en el 2000, reporta que los niveles altos en la DQO se asocian al incremento del pastoreo, la concentración demográfica, vertidos orgánicos e inorgánicos y al aporte de material vegetal de los bosques.

La DQO siempre registra valores más altos que la DBO_5, puesto que muchas sustancias orgánicas de aguas residuales y contaminación difusa, pueden oxidarse químicamente, pero no se pueden depurar biológicamente (Doran y Linn 1979).

i) Oxígeno Disuelto

Los valores obtenidos oscilan entre 8.6 mg/l (tercer monitoreo en La Mora) y 0.05 mg/l (quinto monitoreo en La Mora). Del total de monitoreos cinco de éstos están por arriba del valor permisible establecido por las normas CAPRE, 1994 que es de 8 mg O_2/l (ver cuadro 13). El contenido en oxígeno disuelto puede llegar incluso a valores de saturación: 13,3 mg/l a 10 ºC y 7,6 a 30ºC. Sin embargo, las aguas anóxicas son frecuentes.

Los resultados del Análisis Multivariado de Componentes Principales fueron los siguientes:

- Para las 10 variables resultó significativo (0.44) en cuatro componentes, explicando el 76.94%.
- Para 6 variables resultó con un valor de 0.68 en dos componentes, explicando el 70.44%.

Los resultados para el Análisis de Varianza, fueron los siguientes:

- Significativo sólo para pH (0.000): (La Mora, La Colmena y el Salto) y (Las Chichiguas).

La Prueba de Kruskal-Wallis, fue aplicada en las variables que no cumplieron con los supuestos del ANOVA y el resultado fue el siguiente:

- Se aplicó para (P, Nitrato, SS y DQO): significativo para puntos .de muestreo (0.000) y fechas (0.39).

5.7.2. Análisis bacteriológico del agua

Los coliformes totales y fecales en todos los sitios de muestreo y en todas las fechas (Mayo 2009 y febrero 2010) presentaron niveles altos, muy por encima de los niveles máximos permitidos cuando se trata de aguas para uso doméstico. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 13. Análisis bacteriológico en la microcuenca Las Chichiguas.

No. de muestreo	Punto de muestreo	Sitio de muestreo	Fechas	Coliformes Totales (ufc)	Coliformes Fecales (ufc)
Valores de referencia según Normas CAPRE				**≤4 ufc**	**0 ufc**
Primero	1	La Mora	29/05/2009	2400	1100
	2	El Salto		SD	SD
	3	Las Chichiguas		2400	2400
	4	La Colmena		1100	480
Segundo	1	La Mora	03/08/2009	150	23
	2	El Salto		SD	SD
	3	Las Chichiguas		2400	2400
	4	La Colmena		1100	1100
Tercero	1	La Mora	02/10/2009	460	43
	2	El Salto		2400	28
	3	Las Chichiguas		2400	1100
	4	La Colmena		2400	93
Cuarto	1	La Mora	03/12/2009	2400	150
	2	El Salto		1100	4
	3	Las Chichiguas		2400	2400
	4	La Colmena		460	14
Quinto	1	La Mora	10/02/2010	110	43
	2	El Salto		SD	SD
	3	Las Chichiguas		SD	SD
	4	La Colmena		43	23

Entre las causas directas e indirectas observadas está el hecho que una buena parte del área de la microcuenca bajo estudio, están dedicadas a la ganadería (37%) y se acostumbra aguar el ganado directamente en las fuentes. Otra de las causas es la materia fecal de cerdos y caballos que depositan cuando bañan y consumen el agua directamente en el río.

Los resultados del ANOVA fueron los siguientes:
Coliformes fecales:

- Por localidad: 0.001, significativo, hay diferencia entre las localidades.
- Por fecha: 0.175, no significativo, no hay diferencia entre las fechas

Coliformes Totales:

- Por localidad: 0.315, no significativo, todas las localidades se comportan igual.
- Por fecha: 0.396, no significativo, no hay influencia de las fechas.

En cuanto a los resultados al aplicar la Correlación de Pearson para Coliformes Totales y Fecales, es significante al nivel de 0.05 con 0.578.

Estos resultados coinciden con las conclusiones reportadas por Howell (1995) donde explica que áreas aledañas al cauce del río se convierten en significativos reservorios de bacterias de origen animal y de material vegetal en descomposición.

Niemi en 1991, reporta diferencias entre los coliformes totales provenientes de escorrentía en suelos agrícolas y suelos ganaderos y sugiere que la ganadería controlada causa menor efecto en la contaminación por coliformes fecales en pequeñas quebradas. Sin embargo, argumenta que el impacto aumenta conforme se incrementa el número de animales por hectárea.

Así mismo, en el 2003 Chará, en estudios realizados en el trópico colombiano, registró niveles de coliformes totales mayores a 40.000 NMP/100ml en zonas ganaderas, siendo una de las principales causas de contaminación en los trópicos.

5.8. Calidad biológica del agua superficial

Los muestreos de la calidad biológica del agua en la microcuenca se realizaron en los mismos sitios donde se llevaron a cabo los muestreos de agua para los diferentes análisis y plantas, con la salvedad que los monitoreos de macroinvertebrados se iniciaron en el segundo monitoreo de agua y plantas para asegurar su establecimiento, debido a que los ríos son temporales.

A continuación se presentan los resultados de los tres monitoreos realizados. Hay que destacar que en el cuarto y el quinto muestreo no se obtuvieron datos debido a que fue un año con poca precipitación. Los datos son presentados por comunidad. Las fechas de los monitoreos fueron las siguientes:

Cuadro 14. Fechas de Monitoreo de macroinvertebrados en la microcuenca Las Chichiguas

Fecha	Número de monitoreo	Estación
28-07-09	Primer monitoreo	Lluviosa
29-09-09	Segundo monitoreo	Lluviosa
11-01-10	Tercer monitoreo	Seca
11-03-10	No había agua en los puntos de monitoreo	
20-05-10	Poco caudal. No se pudo realizar el muestreo	Lluviosa

La asociación de macroinvertebrados estuvo compuesta por 15 órdenes y 32 familias. El mayor número se reportó para el orden Hemíptera con 7 familias, entre tanto, órdenes como Ephemeroptera (3 familias), Trichoptera (3 familias) y Plecoptera (1 familia), fueron poco representativos. La heterogeneidad física y química, incluyendo el sustrato y la velocidad de la corriente en el canal de un río, son factores determinantes que puede influenciar la diversidad biótica de un ecosistema acuático (Roldán, 1985).

Los resultados obtenidos muestran que por la poca cantidad de agua disponible durante el año 2009, la colonización por los macroinvertebrados no se dio normalmente. Sumado a esto, el siguiente año 2010, se vio afectado por el fenómeno de la Niña que ocasionó lluvias torrenciales, que tampoco permiten la estabilización de comunidades de macroinvertebrados.

Para la asociación de taxa de macroinvertebrados, se presenta el número de individuos por familia, sitio y momento de muestreo. No se realizaron los análisis de estructura primaria de asociación de macroinvertebrados, es decir, su composición y riqueza de especies por los resultados obtenidos mediante software *Community Analysis Package 4.0*, tanto para Componente Principal, como para método de TWINSPAN.

Ninguno de los métodos mostró una agrupación lógica entre familias, entre localidades o entre épocas de muestreo. Los gráficos obtenidos no presentaron ninguna tendencia en cuanto al patrón de distribución, densidad y diversidad.
A continuación se presenta el cuadro resumen de los macroinvertebrados encontrados durante todo el año hidrológico estudiado:

Cuadro15. Número de individuos y familias encontradas por secuencia de muestreo y localidad.

Macroinvertebrados			Localidad o Punto de muestreo por Nº de muestreo												
			El Salto	La Colmena				La Mora			Las Chichiguas			
Orden	Familia	Puntaje de familia	3'	1'	2'	3'	4'	1'	2'	3'	1'	2'	3'	Totales
Annelida	Glossiphoniidae	3		5								1		6
Basommatophora	Ancylidae	6				3								3
	Lymnaeidae	4										21	21	42
	Physidae	3							1					1
	Planorbidae	3		4										4
Coleoptera	Chrysomelidae	4								3				3
	Gyrinidae	9	2	22								28	9	61
Diptera	Chironomidae	2					1	1		3		1		6
	Simuliidae	8		16							3			19
Ephemeroptera	Baetidae	7									12			12
	Leptohyphidae	7				1			8	3				12
	Leptophlebiidae	9		3	14							7		24
Gastropodo	Sphaeridae	4					3							3
Hemiptera	Belostomatidae	5		1							3			4
	Corixidae	7					2							2
	Gelastocoridae	5										2		2
	Gerridae	8	16			4	3	2		10		3	1	45
	Naucoridae	4		2										2
	Saldidae	8					3		2					5
	Veliidae	8		5	38	60		3	8	51	15	189		369
Megaloptera	Sialidae	4		1										1
mesogastropoda	Pilidae	6							2					2
Mollusca	Lymnaeidae	4	5					2			7			14
Neotaenioglossa	Hydrobiidae	8			2									2
Odonata	Calopterygidae	7		2	6									8
	Coenagrionidae	7		4	3	3				3	5	6	6	36
	Libellulidae	6		2	2						1			5
Plecoptera	Perlidae	10		2										2
Trichoptera	Hydrobiosidae	9				1						2		3
	Hydropsychidae	5		36	14					3	34		5	92
	Leptoceridae	9					1							1
Tricladida	Planariidae	3					3							3
	Totales		23	105	85	72	16	8	21	76	80	266	42	794

Tanto los valores de diversidad como de abundancia, son muy bajos en comparación con otras áreas tropicales. Se reportaron sólo 794 individuos, distribuidos en 15 órdenes y 32 familias. Para otras áreas tropicales como Ecuador en el río Alambí, Giacometti V. & Fabian Bersosa (2006) reportan hasta 6447 individuos ubicados dentro de 16 órdenes, 47 familias y 55 géneros.

Una de las razones de este resultado es que todos los ríos monitoreados presentan un carácter de estacionalidad, factor que es determinante para la colonización y la estabilización de las comunidades de macroinvertebrados. Además, se ha comprobado que el exceso de sedimentos como producto del pastoreo continuo (37%) degrada los ecosistemas acuáticos al disminuir las poblaciones de la fauna. En un estudio similar, Armour et al., (1991) asoció la disminución de abundancia y riqueza de insectos con el incremento de sedimentos, especialmente en suspensión.

Muy a pesar de estos resultados, se aplicó la valoración de calidad de agua bajo los dos índices previsto, para efectuar al final de este capítulo comparaciones entre todos los bioindicadores y los resultados de calidad de agua.

En la aplicación del índice EPT, donde se utilizan tres órdenes (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera) de macroinvertebrados sensibles a la contaminación orgánica, los rangos fluctúan entre mala y regular calidad de agua.

La localidad del Salto no presentó ni un solo individuo de los órdenes requeridos, y se concluye que el agua es de mala calidad; mientras que para las otras localidades el agua se cataloga como de regular calidad.
El mayor valor fue obtenido por el uso de suelo de La Colmena, donde se siembra café bajo sombra (existen árboles y arbustos dispersos) y hortalizas (ver Cuadro 16).

Cuadro 16. Valores ETP obtenidos de calidad agua para la microcuenca Las Chichiguas.

Orden	Familia	Puntaje de familia BMWP/Col	El Salto	La Colmena	La Mora	Las Chichiguas
Ephemeroptera	Baetidae	5	0	0	0	12
	Leptophlebiidae	4	0	17	0	7
Plecoptera	Perlidae	1	0	2	0	0
Trichoptera	Hydrobiosidae	3	0	1	0	2
	Hydropsychidae	4	0	50	37	39
	Leptoceridae	4	0	1	0	0
	Totales		0	71	37	60
Valor de EPT			**0**	**42,26**	**22,16**	**35,93**
Calidad de agua			**MALA**	**REGULAR**	**REGULAR**	**REGULAR**

En tres de las comunidades (La Colmena, Las Chichiguas y la Mora) se encontraron en común la familia Hydropsichidae, presente en aguas corrientes con mucha vegetación, poco tolerantes a la contaminación e indicadoras de aguas eutróficas (Roldán 1988). Este resultado es producto de dos razones: (1) en tres puntos de muestreo se encontraba una franja de bosque de galería y (2) el carácter estacional de los ríos. Sin embargo, el número de individuos contabilizado fue muy bajo.

Los resultados obtenidos según el índice BMWP/Colombia, son los que se muestran en el cuadro 17, donde los resultados coinciden con los obtenidos por el índice EPT.

Cuadro 17. Resultados del índice BMWP/Col para la microcuenca Las Chichiguas.

Localidad	BMWP	Calidad	Significado	Color
La Colmena	159	Buena	Aguas muy limpias	
Las Chichiguas	99	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	
La Mora	62	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	
El Salto	21	Crítica	Aguas muy contaminadas	

Los dos métodos utilizados (EPT y BMWP) demuestra que El Salto (ubicado en la parte media de la microcuenca y mayoritariamente con pasto), es la zona de uso que presenta aguas más contaminadas, a diferencia de La Colmena (en la parte alta de la microcuenca y mayoritariamente con café con sombra), que es el lugar de monitoreo que tiene aguas muy limpias o de buena calidad.

Si comparamos estos resultados con la clasificación que hace el Ministerio de Medio Ambiente de España (1998), tanto para la parte físico-química, como para la parte biológica, los resultados serían los siguientes:

- Tramo del río de El Salto: Es el que presenta el valor de media de DBO más alto de todos los tramos (1,280 mg O_2/L), el estado del río han sido objeto de quejas serias y bien fundadas y no se encontró ninguno de los representantes EPT, por tanto es clasificado: Clase III y Clase D.

- Tramo del río La Mora: Presenta valores de DBO menores de 3, no se encontraron ni plecóptera, ni ephemeroptera, ni especies piscícolas, presencia de *Chironomus sp.,* el estado del río han sido objeto de quejas serias y bien fundadas, por tanto es clasificado: Clase III y Clase D.
- Tramo del río Las Chichiguas: Presenta valores de DBO menores de 3, no se encontraron plecóptera, ni especies piscícolas, presencia de *Chironomus sp.,* el estado del río han sido objeto de quejas serias y bien fundadas, por lo tanto es clasificado: Clase III y Clase D.
- Tramo del río La Colmena: Presenta valores de DBO menores de 3, se encontraron individuos de los tres órdenes (EPT), por tanto es clasificado: Clase II y Clase A.

Este resultado demuestra que el efecto del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo (CCVUS) asociado con la expansión de la agricultura y ganadería influye en los procesos hidrológicos en pequeñas cuencas y a nivel regional (Sahagian, 2000).

Otro análisis que se hizo con el fin de probar si los muestreos realizados eran suficientes para poder expresar una conclusión categórica sobre la diversidad, fue el esfuerzo de muestreo. Sólo para La Colmena resultó no ser suficiente, lo que indica que para este punto todavía podían encontrarse más familias.

Cuadro 18. Acumulación de familias por esfuerzo de muestreo en microcuenca Las Chichiguas.

La Colmena	M1(julio 2009)	M2(Sept. 2009)	M3(Enero 2010)	M4(Marzo 2010)
Familias encontradas	14	7	6	7
Familias nuevas	14	1	4	6
El Salto				
Familias encontradas	0	0	3	0
Familias nuevas	0	0	3	0
Las Chichiguas				
Familias encontradas	8	10	5	0
Familias nuevas	8	8	0	0
La Mora				
Familias encontradas	4	5	7	0
Familias nuevas	4	4	3	0

5.9. Monitoreo de Plantas dentro de una zona buffer

Para el monitoreo a lo largo de los 30 m a cada lado del curso de los ríos, se encontraron un total de 490 individuos agrupados en 31 órdenes, 76 familias, 71 géneros y 268 especies. Las familias con mayor número de especies son: Asteraceae (32), Solanaceae (16), Fabaceae (15), Amaranthaceae (12). Los géneros con más especies son: Solanum (12), Ardisia (5), Croton (7) y Piper (5).

Las especies con más numero de individuo son: *Malvaviscus arboreus* Cav.(16), *Guazuma ulmifolia* Lam.(14), *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.(10), *Casearia corymbosa* Kunth.(9).

El estudio revela que todavía queda un 44% de bosques de galería, obteniendo un 14.55% de especies representativa de bosques primario y un 85.45% de especies representativa bosque secundario, lo que es un claro indicativo que estamos ante un bosque fuertemente intervenido.

Cuadro 19. Especies representativas de bosque primario

Especies
Annona cherimola Mill.
Casearia corymbosa Kunth
Erythrina steyermarkii Krukoff & Barneby
Hamelia axillaris Sw.
Hamelia longipes Standl.
Tillandsia usneoides (L.) L.
Trichilia havanensis Jacq.
Trichilia martiana C. DC.
Ardisia revoluta Kunth
Syngonium podophyllum Schott

5.9.1. Medición de la diversidad

El tipo de diversidad que se midió fue alfa, es decir diversidad dentro de comunidades. Los valores de los índices obtenidos sólo fueron analizados para barrido por localidad. En el cuadro 20 se muestran los resultados obtenidos del índice de diversidad.

Cuadro 20. Índices de diversidad por comunidades de monitoreo

	La Colmena	Las Chichiguas	La Mora	El Salto	Total
Especies	83	187	52	61	383
Individuos	114	242	60	74	490
Shannon	4,217	5,043	3,157	0,552	
Índice de Simpson	0,996	0,995	0,995	0,994	

Cuantificado el número de especies y su representatividad, se infiere que las comunidades más diversa y con mayor cantidad de especies primarias son Las Chichiguas y La Colmena.

Al realizar la comparación entre los resultados obtenidos mediantes bioindicadores (macroinvertebrados y estado del bosque de galería) en los diferentes usos de suelo, se obtiene el siguiente cuadro, donde se observa el mismo patrón de calidad de agua:

Cuadro 21. Similitud en los bioindicadores

Uso de suelo	BMWP	EPT	Índice de Simpons	Índice de Shannon
La Colmena (Bosque ≥50%)	Buena	Regular	0.996	4.217
Las Chichiguas (Bosque ≥50%)	Aceptable	Regular	0.995	5.043
El Salto (Pastizales ≥70%)	Crítica	Mala	0.995	3.157
La Mora (Pastizales ≥70%)	Aceptable	Regular	0.994	0.552

Los resultados dados por los bioindicadores coinciden y son más precisos, que los obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos. Los bioindicadores nos señalan el resultado de asociaciones de familias que colonizan, se desarrollan y se reproducen bajo ciertas condiciones ambientales que deben de permanecer estables por un largo período que permitan su sobrevivencia.

5.10. Percepción Ambiental y Sanitaria

5.10.1. Taller de Percepción

Al Taller de identificación de la problemática ambiental y sanitaria de la microcuenca asistieron un total de 24 personas, de las cuales 16 son mujeres y 8 hombres. Las dinámicas grupales permitieron identificar la problemática ambiental y sanitaria en la microcuenca, que se presentan en el Cuadro 22.

Todos los pobladores líderes de las cuatro comunidades que participaron en el taller, expresan que para la mayor parte de la población los problemas ambientales son altamente sentidos, sobre todo los que tiene que ver con avance de la frontera agrícola, cambio en el uso de los suelos, mal uso del agua, falta de protección de las fuentes de agua y contaminación tanto de agua como de suelo por desechos sólidos y líquidos.

En cuanto a la problemática sanitaria, los líderes opinan que de todos los problemas enunciados, el que menos incidencia tiene en la microcuenca es el de la contaminación por aguas mieles, ya que el manejo aunque es todavía artesanal el porcentaje de uso de suelo destinado para esta actividad cafetalera es muy poco. El resto de la problemática afecta fuertemente a toda la microcuenca.

Cuadro 22. Problemática Ambiental y Sanitaria de la microcuenca Las Chichiguas.

Problemática Ambiental	**Problemática Sanitaria**
Suelos erosionados. Deforestación. Contaminación de agua y suelo por desechos sólidos y líquidos. Laderas vulnerables a deslaves. Falta de lagunas para cosecha de agua. Avance de frontera agrícola. Monocultivos. Sobrepastoreo. Cambio en el uso de suelo. Falta de protección a las fuentes de agua. Mal uso del agua. Crecimiento poblacional. Uso inadecuado de agroquímicos. Quemas no controladas. Fuentes de aguas desprotegidas.	Falta de letrinas. Deposiciones al aire libre y en la orilla de los ríos. Pozos destapados. Animales sueltos alrededor de las tomas de agua. Criaderos de vectores. Mal manejo residuos sólidos y líquidos. Aguas mieles vertidas directamente a las fuentes de agua. Envases de agroquímicos depositados a la orilla de las fuentes de agua. Envases vacíos de agroquímicos en huertas, cerca de pozos y reservorios de agua.

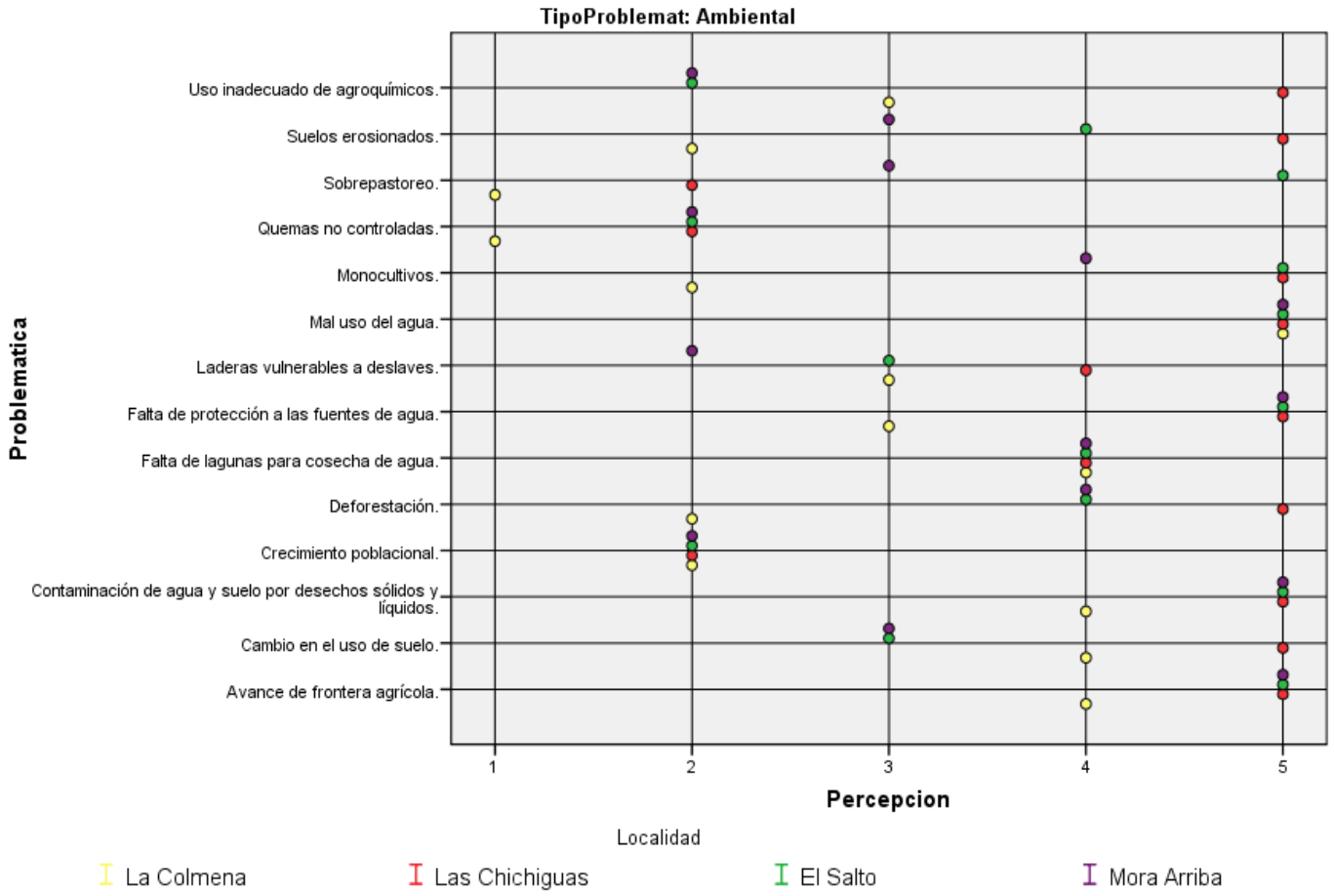


Figura 11. Problemática Ambiental de la microcuenca Las Chichiguas.

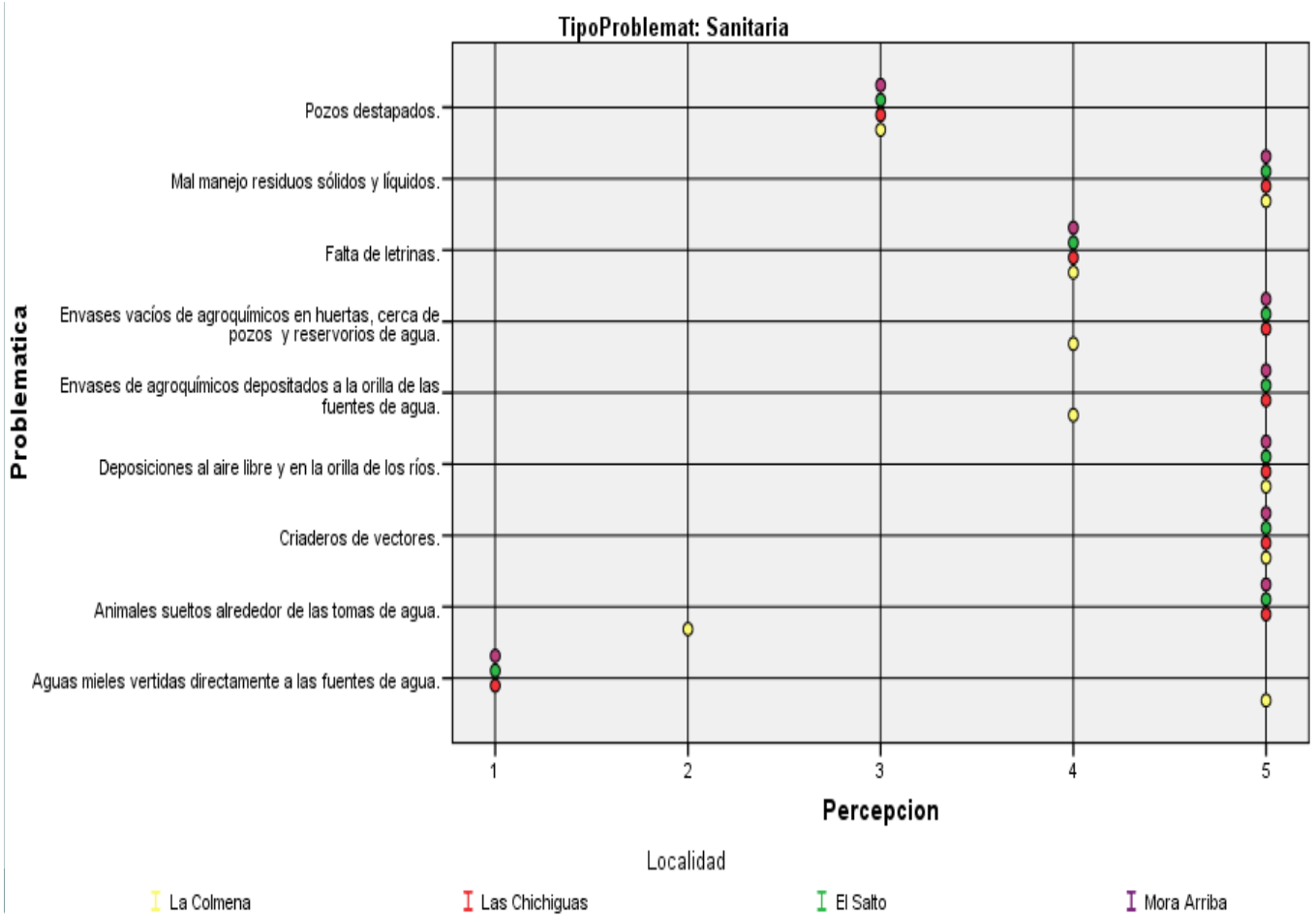


Figura 12. Problemática Sanitaria de la microcuenca Las Chichiguas.

5.10.2. Taller de Capacitación

Una de las estrategias de este estudio, fue fortalecer las capacidades locales, por lo que se realizó el taller de capacitación en metodologías de campo para colecta de macroinvertebrados. Asistieron al taller 36 personas, de las cuales 16 son mujeres y 20 hombres. La participación de los presentes fue muy positiva ya que mostraron en todo momento el interés por aprender a utilizar estas metodologías para ser ellos multiplicadores de estas en un futuro y puedan realizar el monitoreo de estos recursos. Durante todos los muestreos participaron diversos miembros de las comunidades para fortalecer su práctica en las metodologías.

El porcentaje de participación de la mujer en estas actividades va ganando espacio, debido a que se han ido incorporado a cooperativas que potencializan sus labores diarias, como son los proyectos de estufas y hornos mejorados, patios integrales, biodigestores, bosques bioenergéticos, entre otras, que les permiten incrementar sus ingresos.

En el cuadro 23 se muestran los diferentes actores que intervienen en el proceso de toma de decisión en la microcuenca:

Cuadro 23. Participantes en el Taller de Capacitación para metodologías de monitoreo de agua en la microcuenca Las Chichiguas.

Organización	Número de personas asistentes	Mujeres	Hombres
Asociación de Profesionales de la Concordia (APRODECON)	1		1
Instituto de La Concordia	6	3	3
Alcaldía la Concordia	8	3	5
Sociedad de Productores de la Concordia (SOPROCON)	1		1
Comunidad Wiscanal	2	1	1
Comunidad El Salto	1		1
Comunidad La Colmena	2	1	1
Comunidad La Esperanza	1		1
Comunidad Las Chichiguas	2		2
Comunidad Mora Arriba	3	3	
Comunidad Mora Abajo	3	2	1
Municipio La Concordia	2	1	1
Cooperativa Sacerdote Padre Odorico	1		1
UNAN-León	3	2	1
Total de participantes	**36**	**16**	**20**

Durante todos los monitoreos siempre se tuvo el acompañamiento de los miembros de las diferentes comunidades y personal de la alcaldía del municipio de La Concordia y cuando el tiempo les permitía a los miembros de la cooperativa Blanca Aráuz.

5.10.3. Análisis de Percepción

Los resultados del análisis de percepción destacan que aunque los comunitarios tienen un alto conocimiento de su realidad y que saben de qué manera pueden mejorar sus condiciones actuales, no lo hacen. Esto se debe a que las campañas de sensibilización impulsadas en las comunidades no han tenido en cuenta todos los elementos que llevan a un cambio de actitud.

El análisis estadístico se realizó utilizando el Alfa de Cronbach, iniciando con un valor 0.546, con los 50 items. Para mejorar este valor, se fueron eliminando los ítems que presentaban los valores más altos, hasta llegar a un valor para el Alfa de Cronbach de 0.84 con 35 items, lo que nos muestra que los resultados del análisis son confiables.

El valor más alto de las variables medidas corresponde a conocimiento ambiental, mientras que las variables que indican sentimientos de valoración positiva o negativa e intenciones y tendencias de comportamiento, presentan valores bajos.

.

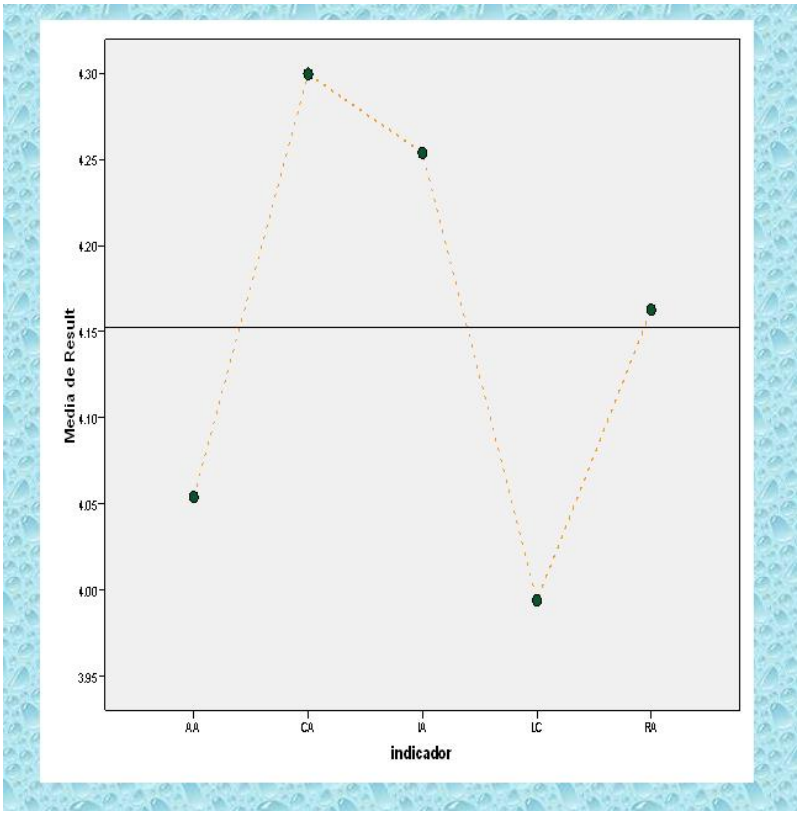


Figura 13. Valores resultantes de los indicadores medidos para Percepción Ambiental.

Al comparar estas mismas variables entre las comunidades, la que presenta valores más bajos para todos los indicadores, es la comunidad de Las Chichiguas. Esto se debe principalmente a dos razones: aquí se presentan los problemas sanitarios más serios como son la falta de letrinas y de un basurero comunitario; pero a pesar de esto todavía tienen agua. Muy contrariamente El Salto ya siente los problemas de la falta de agua, lo que hace que los pobladores tengan mayor conciencia de su situación.

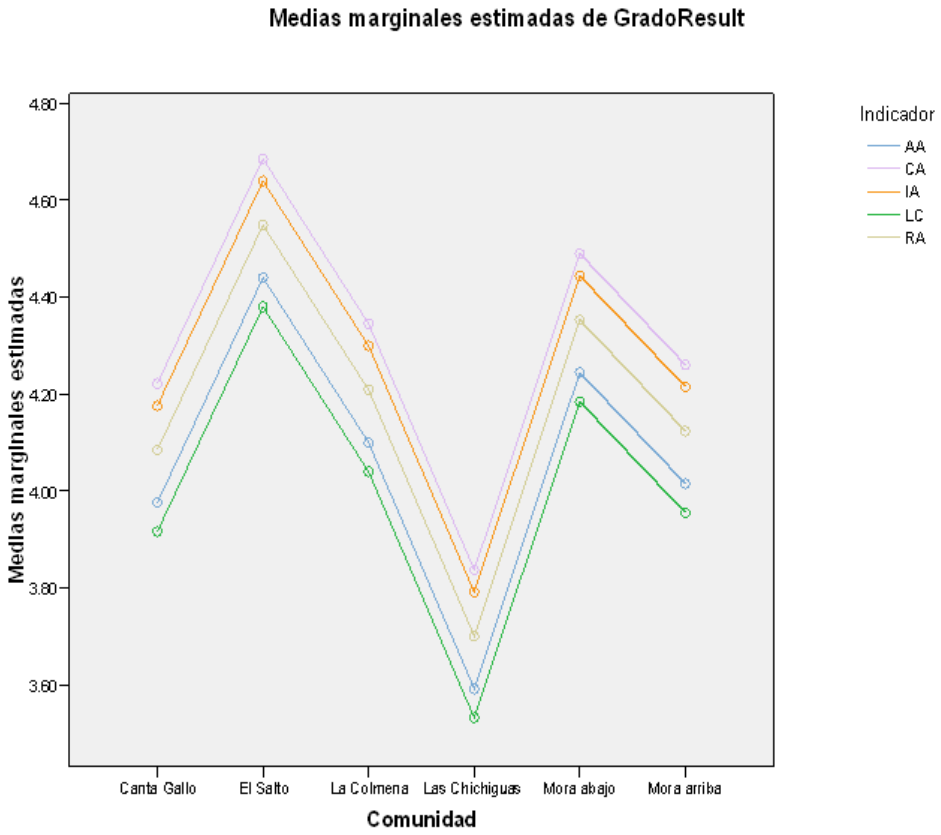


Figura 14. Valores de los indicadores de Percepción Ambiental por comunidad

5.11. Plan de Acción de la Microcuenca Las Chichiguas

Se identificaron siete problemas básicos en la microcuenca. Para cada uno se planeó un objetivo y una serie de actividades. Por comunidad se establecieron indicadores, plazo de cumplimiento, institución responsable y observaciones. A continuación se presentan los problemas con sus objetivos y actividades identificadas.

Cuadro 24. Plan de Acción de la microcuenca Las Chichiguas, 2010-2013.

1	**SUELOS**
PROBLEMA	**Malas prácticas agrícolas**
OBJETIVO	**Suelos conservados, a través de buenas prácticas agrícolas y educación ambiental.**
Actividades	Suelos conservados, a través de buenas prácticas agrícolas.
	Manejo y disposición adecuada de los envases ó desechos sólidos.
	Prácticas de conservación de suelo mediante cercas vivas.
	Establecer sistemas silvopastoriles y agroforestales.
	Promover la elaboración y el uso de productos orgánicos.
2	**BOSQUE**
PROBLEMA	**Reducción de áreas de Bosque y estado actual.**
OBJETIVO	Impulsar la reforestación y la recuperación de áreas forestales degradadas, así como el manejo sostenido, descentralizado y diversificado de las actividades forestales.
Actividades	Construcción de viveros forestales con semillas nativas de la zona
	Reducir el consumo de leña a través de la implementación de cocinas y hornos mejorados.
	Trabajar planes de saneamiento de Pinos afectados por el Gorgojo.
	Proporcionar incentivos por el cuido del bosque.
	Regeneración natural de áreas degradadas con especies nativas de la zona
	Elegir un guardabosque para cada microcuenca.
	Proteger y Reforestar áreas riparias.
	Establecimientos de Bosquetes bioenergéticos
	Elaboración de rótulos alusivos al cuido del medio ambiente, estableciendo caminos de acceso dentro del bosque
	Quemas agrícolas en la zona.

3	**AGUA**
PROBLEMA	**Poca disponibilidad de agua en cantidades y calidad**
OBJETIVO	Prevenir mayor deterioro y revertir el proceso de degradación ambiental de las fuentes hídricas presentes, con un enfoque de manejo de cuencas.
Actividades	Reforestar las fuentes de agua, principalmente las áreas de recarga para consumo humano.
	Uso y manejo adecuado de los residuos de café.
	Aplicar sanciones a las personas que contaminen el agua.
	Regular el uso de agua por riego con medidores a productores que poseen riego a las orillas de las quebradas o ríos.
	Establecer sistemas de manejo de aguas grises, en los hogares de las microcuencas.
	Que los CAPS se encarguen de administrar y distribuir equitativamente el agua.
	Construcción de reservorios ó cosechas de agua.
	Construcción de letrinas
4	**Actividades económicas**
PROBLEMA	**Bajos Ingresos**
OBJETIVO	Mejorar la economía familiar y la dieta alimenticia de personas que habitan en las microcuencas.
Actividades	Implementar sistemas de crías de apicultura en sistemas agroforestales y patios integrales, y abejas nativa sin aguijón con enfoque de género.
	Implementación de Patios Integrales
	Participación en ferias de comercialización de productos de familias de las microcuencas.
	Diversificar fincas de productores de las microcuencas.
	Créditos para generar ingresos a bajo intereses
5	**BIODIVERSIDAD**
PROBLEMA	**Reducción de la Biodiversidad**
OBJETIVO	Proteger las especies que están en peligro de extinción y proteger los ecosistemas naturales.
Actividades	Dar protección a la flora y fauna de la microcuenca.
6	**ORGANIZACIÓN**
PROBLEMA	**Insuficiente nivel organizativo a nivel comunitario y de microcuenca**
OBJETIVO	Desarrollar una comunicación más fluida entre los comunitarios y sus líderes.
Actividades	Integrar a productores grandes a participar en las actividades de la comunidad
	Organización y Comunicación entre Comité de Microcuenca y comunitarios
	Fortalecimientos a los comité de microcuencas
	Fortalecer los CAPS, para que realicen acciones que contribuyan a la protección de las fuentes de agua.

7	**Educación Ambiental**
PROBLEMA	**Alto conocimiento pero poca práctica**
OBJETIVO	Reducir la contaminación de las fuentes de agua, suelos y despales; a través de la puesta en práctica del conocimiento obtenido.
Actividades	Educación Ambiental en todos los niveles
	Organizar grupos ecologistas con niños, niñas y Jóvenes.
	Coordinar con autoridades competentes para que emitan ordenanzas y apliquen las leyes forestales para el control de los despale.
	Realizar una campaña de sensibilización sobre protección de nuestra flora y fauna.
	Sensibilización a través de campañas alusivas a prácticas de higiene.
	Promover la selección de basura en los hogares de las familias de las microcuencas.

Con este Plan de Acción 2010-2013, elaborado bajo procesos de reflexión y análisis por los líderes, lideresas, estudiantes, instituciones de gobierno, ONGs y cooperativas de todas las comunidades de conforman la microcuenca, se asegura el fortalecimiento de las capacidades locales bajo la ejecución de todas las actividades propuestas en el mismo.

6. Conclusiones

La relación entre ciencia y desarrollo es lo que fundamenta este trabajo de tesis. Con este trabajo se da un aporte al cambio de una cultura arraigada de consumo de los recursos naturales de manera desordenada e insostenible, por una con enfoque de cuencas, mediante la formulación de un plan de acción de la microcuenca.

Todos los actores sociales y sectores que fueron involucrados en la investigación, gobierno, ONGs y sociedad civil, formaron una red de relaciones basada en una dinámica de aprendizaje dentro de un sistema sociocultural concreto, histórico, que les permitió cooperar entre sí, para reducir los riesgos y amenazas y aprovechar las oportunidades.

El conocimiento científico de este trabajo de investigación contó con un conjunto de proposiciones: *"(1)Las aguas superficiales provenientes de zonas con diferentes usos de suelo, presentan diferentes calidades y (2) la participación de los actores locales en la identificación de las principales amenazas a los recursos hídricos superficiales, desarrolla el proceso de persuasión que coadyuva a la gestión integral de los recursos hídricos"* y un conjunto de actividades que llevaron a su construcción, tomando como punto de partida dos enfoques: el enfoque externo y el interno.

Las conclusiones son las siguientes:

1. Se acepta la primera hipótesis para las variables de pH, fósforo total, nitratos, sólidos sedimentables y DQO, al aplicar tratamiento estadístico a

los resultados de los análisis de agua físico-químicos, éstas guardan relación con el uso de suelo.

2. Esta misma hipótesis probada con bioindicadores (macroinvertebrados y estado del bosque de galería) resultó aceptada demostrando que el tramo del río de El Salto, donde el uso del suelo es pastizales, es el que presenta mayor grado de contaminación.
3. En cuanto a la parte microbiológica, esta misma hipótesis vuelve hacer aceptada para coliformes fecales, no así para coliformes totales. Hay diferencias significativas entre comunidades, presentando mayores valores el tramo de río de Las Chichiguas.
4. Contrariamente a lo esperado, el tramo del río de El Salto la relación coliformes totales/coliformes fecales, no se corresponde con los valores esperados, según la tendencia del resto. Este resultado va acorde a los de percepción ambiental que demuestran que debido a que esta comunidad es la que presenta la problemática más crítica de agua de consumo humano y otros usos, es la que está evitando contaminar con coliformes fecales las pocas fuentes de agua que tienen.
5. La segunda hipótesis es aceptada al tener como resultado un plan de acción después de la aplicación de los métodos hipotético-deductivo e investigación acción participativa.

Con este estudio se generó conocimiento sobre la relación existente entre uso de suelo, estado del bosque de galería, percepción comunitaria y calidad de aguas superficiales, siendo el primero en relacionar estas variables haciendo uso de bioindicadores, análisis físico-químico y microbiológico del agua. Esta es una contribución en la construcción colectiva de propuestas innovadoras que logran desarrollar planes partiendo del enfoque de cuenca hidrográfica.

7. Recomendaciones

La finalidad de la naturaleza de este trabajo fueron de dos tipos: finalidad interpretativa y finalidad confirmatoria. El desarrollo del conocimiento generado, fue dentro de un contexto controlado desde una perspectiva parcializada: se estableció conforme a un presupuesto, un punto de muestreo por cada tramo de río para todas las variables, por un tiempo determinado. Lo óptimo hubiera sido establecer al menos tres puntos de muestreo por cada tramo, para trabajar con promedios. Las encuestas a los pobladores del lugar fueron insumos para la realización del plan de acción. Al finalizar todo el trabajo hubiera sido sano realizar una encuesta para conocer sus experiencias y percepciones a cerca del trabajo de investigación a los participantes.

Las recomendaciones sugeridas son las siguientes:

1. La metodología aplicada en este trabajo de investigación logró concretar los objetivos propuestos. El conocimiento generado permitió la elaboración de un plan de acción 2010-2013, con información veraz y actualizada.
2. Mejoraría la realización de trabajos futuros si al momento de realizar los muestreos y talleres, entre otras, estuvieran presentes no sólo los miembros de las comunidades, líderes, cooperativas y ONGs, sino delegados de las alcaldías con cuotas de poder, para asegurar la aceptación de las nuevas metodologías por parte de quien tiene el poder de disponer de los recursos económicos de la comunidad.
3. Los objetivos definidos en el Plan de Acción deberán de ejecutarse como parte de la planificación de la microcuenca, liderados por las alcaldías.
4. La gestión mejorada de las políticas ambientales a nivel de las alcaldías, contribuirá a mejorar la gestión de los recursos hídricos.

5. Es reto para las autoridades de la microcuenca aumentar la actitud ambiental mediante un programa de educación ambiental que implica la jerarquización de una serie de etapas: planeación, diseño, presupuesto (factibilidad económica y rentabilidad financiera), ejecución y evaluación, así como las estrategias para afrontar la complejidad de los diferentes actores sociales que participarán en todas las fases de su implementación.

Los resultados obtenidos podrán ser aplicados a otras áreas del país, e incluso a nivel regional, siempre que tengan las mismas características físicas, realizando ciertas adaptaciones por las diferencias históricas y sociológicas de las áreas estudiadas y las de validación.

8. Bibliografía Citada

Abarca, Sonia. 2001. *Metodología de la Investigación y Acción Social.* Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias. p.57-90.

Álvarez-Gayou Jurgenson. 2003*. Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología. Paidós* Educador. p 13-14

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Eds. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). *Almería. p.* 203-213.

Arce, O. 2006.*Indicadores biológicos de calidad de agua.* Universidad de Mayorga San Simón. Facultad de ciencias y Tecnología. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental.

Armitage, P. D. y G. E. Petts., 1992. 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. Aquatic Consv. Marine and Freshw. Ecosyst. 2: 1-17.

Auqilla, R. 2005. Uso de suelo y calidad de agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.

Beitia, M. 1989. Análisis de la problemática de la calidad del agua y formulación de recomendaciones en la cuenca alta del rio Chiriqui Viejo. Panamá. Tesis Mag. Sc, Turrialba, Costa Rica. CATIE. p.242.

Bordalo,A., Nilsumranchit,W., Charlemwat,K.. 2001. *Water Quality and Uses of the Bangpakong River Eastern Thailand(Eastern Thailand*). Wat.Res. 35(15). p. 3635-3642.

Brooks, K; P.F. Ffolliott; H.M. Gregeersen y J.L. Thamnes 1992. Hydrology and the management of watersheads. Iowa: Iowa University Press AMES.

Basagoiti R., Manuel, Bru M., Paloma y Lorenzana, Concha. *"La IAP de bolsillo*". Edita ACSUR Las Segovias. Madrid, 2001.

Cairns, M; Brown, S; Helmer, E; Baumgardner, G. 1997. *Root biomass allocation in the world's upland forest.* Oecologia 111:p.1-11.

Castro, G.2003?. *Errores más comunes que se cometen en la redacción de proyectos y anteproyectos de investigación.*

Comisión Europea. 2004. MANUAL DE SISTEMA DE MONITOREO DE LA BIODIVERSIDAD EN AREAS PROTEGIDAS. Versión CONAF UGPS Región XI
TERCER BORRADOR.

Córdova, Salomé et al. 2009. Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 2009, vol.37, no.2, p.199-209. ISSN 0718-560X

Corredor Biológico Mesoamericano*.* 2004. *Sistematización de Experiencias de Pago por servicios ambientales en el ámbito municipal (Honduras, El Salvador y Nicaragua).* Managua, Nicaragua.

Cubero, D. 2002. Practicas agro conservacionistas. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Editorial EUNED. p.271.

Delgado, F. 2001 *"Simbiosis interzonal en las estrategias de autodesarrollo sostenible en ecosistemas de montaña: el caso del ayllu Mujlli".* Universidad de Córdoba. España. p.37.

Dingman, S. 1994. *Physical hydrology.* Prentice-Hall, Inc.

Diéguez A. et al., 1999. *Evolución temporal de la concentración de iones en las aguas de escorrentía de una cuenca agrícola*. Avances sobre el estudio de la erosión hídrica. Publicaciones de la Universidad de A Coruña. Colección, cursos, congresos y simposios, 52, pp: 325-341. A Coruña.

Djodjic,F., Ulén, B., Bergstrom,L.. 2000. *Temporal and Spatial Variations of Phosforus Losses and Drainage in a Structured Clay Soil*. Wat. Res. 34(5). p. 1687-1695.

Dunne, T. y L.B. Leopold 1978. Water in Environmental Planning. San Francisco: H. Freeman and Company.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. *Nicaragua frente al Cambio Climático*. Managua, Nicaragua.

Gallopín, G. 2006. *Los Indicadores de Desarrollo Sostenible: Aspectos Conceptuales y Metodológicos.*

Giacometti V. & Fabian Bersosa V. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2: 17-32.

Grant, W. 1997. *Ecología y manejo de recursos naturales: análisis de sistemas y simulación.* Texas, USA.

Henningan, RD. 1973. *La Contaminación del Agua. En: Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental.* Ed Maurice Astrobbe. México, D.F. Editorial Continental. p. 45-51.

Hinojosa, A. 2006. *Diseño de una red estratégica de monitoreo para el curso alto del río Lerma y su utilización en el estudio espacial y temporal de los parámetros físico-químicos*. Toluca, México.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*

Lau, S., Chu, L. 2000. *The Significance of Sediment Contamination in a Coastal Wetland, Hong Kong, China.* Wat Res 34(2). p. 379-386.

Lautenbach, Sven. 2003?. *Localization effects of land use change on hydrological models.*

Macdicken, K. 1997. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development.*

MacDonald, L.H; Smart, A:W y Wissmar, R.C. 1991. *Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska. EPA (Environmental Protection Agency Washington), CSS (Center for Streamside Studies in Forestry, Fisheries Sciences) University of Washington.*

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NIC). 2006. G*uía Metodológica para el Monitoreo de Indicadores de Impacto del POSAF II.*

MARENA-PIMCHAS (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales- Proyecto Integral de Manejo de cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento, NIC) y Alianza Terrena, Nic. 2008. Plan de Cuenca de la parte alta de la subcuenca del Río Viejo. Estelí, Nicaragua.

Molina, C, O. Fossati & R. Marín. 2006. *Ensayo de un método para el estudio de macroinvertebrados acuáticos en un río contaminado de la ciudad de La Paz, Bolivia.* Cienc. Abiert. Intern. Vol. 29. ISSN 0717-8948.

Molina, C, O. Fossati & R. Marín. 2008. *Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera Real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales.* Ecología Aplicada. Vol7. Núm. 1-2, enero-diciembre. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. p. 105-116.

Morales J, 1998. Planificación y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Managua, Nicaragua. Curso Taller. UNA. p.264.

Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad.* M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. p.84.

Moya, N. T. Oberdorff, et al. 2004. *Comunidad de macroinvertebrados en ríos de la cuenca Chipiriri con condiones de referencia y alteradas, estudio preliminar para la bio-evaluación de arroyos*.

Oficina de Desarrollo Limpio. 2006. *Borrador del DECRETO DE LA OFICINA DE SERVICIOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMATICO Y LA COMISION NACIONAL DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES DE NICARAGUA.* Managua, Nicaragua.

PASOLAC (Programa de Agricultura Sostenible en laderas en Centroamérica). 2005. *La Agricultura de Laderas Orientada a los Mercados: conceptos y estrategias.* Managua, Nicaragua.

Perel'man, A., 1961. *Geochemical principles of landscape classification.* Soviet Geography 2, 63-73.

Pérez et al. 2000. *Parámetros morfométricos e hidrológicos de las cuencas de drenaje y ríos tributarios a la ría de Vigo. Estimación de las variaciones anuales en las cargas en suspensión y en disolución. Journal of Iberian Geology* 2000, vol. 26, p.171-187.

Pérez Serrano, Gloria .1994. *Glosario. Capítulo V. En el libro Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. I. Métodos.* Editorial La Muralla. p 225

Posada, J., Roldán, G. y Ramirez J. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antoquía, Colombia. Rev. Biol. Trop. Mar. 2000. vol.48.no.1, p.59-70. ISSN 0034-7744.

POSAF/MARENA (Programa Socioambiental de desarrollo Forestal/Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NIC). 2006. *Informe Final del POSAF*. Managua, Nicaragua.

POSAF/MARENA (Programa Socioambiental de desarrollo Forestal/Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NIC). 2006. *Guía Metodológica para el Monitoreo de Indicadores de Impacto del POSAF II.* Managua, Nicaragua.

Ramakrishna B. 2000. *Criterios iniciales para la priorización de proyectos específicos por cuenca hidrográfica*. Informe de consultoría 3, CATIE.

Ramírez, V. 2002. *Tópicos en la Investigación Social Educativa. Universidad Autónoma de Chapingo.* p.11-49.

Rist, S. 2002 *"Si estamos de buen corazón, siempre hay producción. Caminos en la renovación de formas de producción y vida tradicional y su importancia para el desarrollo sostenible."* Editorial Plural, AGRUCO-UMSS. Cochabamba. p.505.

Roa, C. y S. Brown. 2009. *Assessing water use and quality through youth participatory research in a rural Andean watershed.* Journal of Environmental Management. Mayo, 2009.

Rojas, O. 1991. *Memorias Seminario Internacional "Control de calidad de agua para consumo humano".* Eds. Índices de calidad de agua en fuentes de captación. s. V. d. C. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. p. 22-38.

Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 375-387. 1999. ISSN 0370-3908.

Roldán, G. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda Edición. Universidad de Antioquia, Medellín. p. 324-347.

Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 375-387. 1999. ISSN 0370-3908.

Rodríguez, A. 2000. *Valoración Forestal Nicaragua 2000*. Managua, Nicaragua.

Sagastizado M, ME. 2001. Impacto del uso de la tierra en la calidad del agua en la cuenca del Río Talnique, El Salvador.

Sanders,T.G; Ward, R.C; Loftis J.C; Steele, T.D; Adrian, D.D; Yevjevich, V.1983. Design of net-works for monitoring water quality. Water Resource. Pub Littleton,CO.

Tamayo, M. 1999. *Módulo 5: El Proyecto de Investigación.* ICFES. p. 25-100.

Barreira. 2006?. La Participación pública en la directiva marco del agua: implicaciones para la península Ibérica. (en línea). Consultado el 25 de septiembre de 2011. Disponible en: http://grupo.us.es/ciberico/archivos_acrobat/sevillaponenbarreira.pdf

Benegas, J. y Carmelo Macén. 1995. *La Educación Ambiental como desencadenante del cambio de actitudes ambientales.(*en línea). Consultado el 30 de marzo 2009). Disponible en:http://revistas.ucm.es/edu/11302496/articulos/RCED9595220011A.PDF

Chaves, H.M.L. *Aplicación de los métodos de predicción de riesgo de erosión potencial y actual en la planificación de conservación de suelos y aguas a nivel de microcuencas.* (en línea). Consultado el 30 septiembre 2007). Disponible en: http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S0g.htm. Aplicación de los métodos de predicción de riesgo de erosión potencial y actual en la planificación de conservación de suelos y aguas a nivel de microcuencas,

Comunidad de Macroinvertebrados en ríos de la cuenca Chipiriri con condiciones de referencia y alteradas, estudio preliminar para la bioevaluación de arroyos. (en línea) Consultado el 15 de marzo de 2002. Disponible en http://cabierta.uchile.cl/revista/30/mantenedor/sub/articulos_5.pdf

Consejo de Cuencas, participación social en la gestión del agua. (en línea). Consultado el 18 septiembre de 2007). Disponible en:*http://www.consejosdecuenca.org.mx/modules.php?name=News&file=article&sid=18*

Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles.Ecosistemas. 2009.14 (3): 87-99. Septiembre 2005.(en línea). Consultado el 30 de mayo de 2011. Disponible en: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=133

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Predicción de la erosión de los suelos.2005. (en línea). Consultado el 1 de octubre 2007). Disponible en: http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S03.htm.

GAMBOA, Maribet, REYES, Rosa y ARRIVILLAGA, Jazzmin. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Bol Mal Salud Amb*. [online]. dic. 2008, vol.48, no.2 [consultado el 20 Octubre de 2010], p.109-120. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1690-4648.

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NIC). 2010. LEY GENERAL DE AGUAS NACIONALES LEY Nº 620 Y REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE AGUAS NACIONALES DECRETO Nº 44 – 2010. Managua, Nicaragua. (en línea). Consultado el 13 de septiembre de 2011). Disponible en:http://www.ana.gob.ni/LEY%20DE%20AGUA%20web.pdf
Marín, Victor. *Manejo Ecosistémico de los Recursos Naturales*. Chile. (en línea). Consultado el 1 de oct 2007). Disponible en: http://www.cipma.cl/RAD/1997/2_Marin.pdf

Mapping Interactivo. *Revista Internacional de ciencias de la tierra.(*en línea). Consultado el 25 de septiembre de 2007). Disponible en:*http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=634*

Moreta, J. 2008. La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. Sánchez, J. 2004. El Ciclo Hidrológico. Universidad de Salamanca, España.(en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2011). Disponible en: http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/Ciclo_hidrol.pdf

Muñiz, S. 2005.El canal Segarra-Garrigues y la (de) construcción de los problemas del agua.(en línea). Consultado el 10 de septiembre de 2011). Disponible en: **http://hdl.handle.net/2072/97478**

POSADA G., José A., ROLDAN P., Gabriel y RAMIREZ R., John J. *Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas***,** Antioquia, Colombia. *Rev. biol. trop*. [online]. mar. 2000, vol.48, no.1. Consultado el 30 Octubre 2009, p.59-70. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000100008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0034-7744.

Robles, E. y Michael Espitian. *Notas sobre Ideas Previas y Constructivismo.* (en línea). Consultado 30 de marzo de 2009. Disponible en:http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/redevac/html/publicaciones/redevac_p01.htm

Talero & Umaña de Gauthier. *MODELO DE EDUCACION AMBIENTAL PARA LA CAPACITACION DE DOCENTES.* (en línea). Consultado el 30 de marzo de 2009). Disponible en:http://www.pedagogica.edu.co/w3/storage/ps/articulos/peda07_05arti.pdf

OMS (Organización Mundial de la Salud). 1996. Water quality monitoring: a practical guide to the desing and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. (en línea). Consultado el 16 de sept 2011). Disponible en:.http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmonitor/es/

Wilson Beita-Sandí y Marco Barahona-Palomo. 2010. Fisico-química de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED (Edición en Línea, ISSN: 1659-441X) Vol. 2(2): 157-179, Diciembre, 2010.(en línea). Consultado el 26 de sept de 2011). Disponible en: http://www.uned.ac.cr/investigacion/publicaciones/cuaderno1/documents/05-Beita-Fisicoquimica.pdf

Anexo 1

GLOSARIO DE SIGLAS Y TERMINOS UTILIZADOS EN ESTE DOCUMENTO

SIGLAS	SIGNIFICADO
ASEL	AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LADERAS
CDB	CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA
CMNUCC	CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO
CONADES	CONSEJO NACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE
COP	CONFERENCIAS DE LAS PARTES
CSA	CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA
FAO	FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION
FNI	FONDO NACIONAL DE INVERSIÓN
IPCC	IMPLEMENTACIÓN CONJUNTA PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO
GEI	GASES DE EFECTO DE INVERNADERO
GIRH	GESTION INTEGRADA DE RECURSOS HIDRICOS
MARENA	MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES
MDL	MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO
MST	MANEJO SOSTENIBLE DE LA TIERRA
OCE´S	ORGANISMOS COEJECUTORES
PAA-NIC	PLAN DE ACCION AMBIENTAL-NICARAGUA
PASOLAC	PROGRAMA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LADERAS EN CENTROAMERICA.
PIB	PRODUCTO INTERNO BRUTO
PIMCHAS	PROYECTO MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS, AGUA Y SANEAMIENTO
PK	PROTOCOLO DE KIOTO
POSAF	PROGRAMA SOCIOAMBIENTAL DE DESARROLLO FORESTAL.
PSA	PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES
PSAH	PAGOS POR SERVICIOS AMBIENTALES HÍDRICOS
SAF	SISTEMAS AGROFORESTALES
SF	SISTEMAS FORESTALES
SIG	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
UACh	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO
UNA	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
UNAN-LEÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
UNAM	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Anexo 2

Normas Técnicas relacionadas con Recursos Hídricos

No. de la Norma	¿Qué establece?	Fecha de la Gaceta	No. de Gaceta
Decreto 25-2001	Política Ambiental y Aprueba el Plan Ambiental de Nicaragua 2001-2005	02.03.2001	44
Decreto 50-2001	Política de Desarrollo Forestal de Nicaragua	11.05.2001	88
Decreto 107-2001	Política Nacional de los Recursos Hídricos	07.12.2001	233
Decreto 90-2001	Política General para el Ordenamiento Territorial	07.02.2002	04
Decreto 78-2003	Política Nacional de Humedales	19.11.203	220
Decreto 13-2004	Política Energética Nacional	04.03.2004	45
Decreto 12-2004	Política específica de apoyo al Desarrollo de los recursos eólicos e hidroeléctricos de filo de agua	04.03.2004	45
Resolución Ministerial MARENA No.033-2004	Política sobre Gerencia de proyectos con financiamiento externo del Ministerio del Ambiente y los Recursos naturales	17.09.2004	181
Resolución Ministerial 27 – 2002 – MARENA	Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción	20.08.2002	156
Resolución Ministerial No.045	Plan de Desconcentración de la Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) 2004-2007	15.10.2004	201

Leyes relacionadas con los Recursos Hídricos:

Las normas jurídicas ambientales:

a. Ley 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, en sus artículos 4, 12, 13, 14, 55, 65, 72, 76, 95, 96; Reglamento, el Decreto 9-96.
b. El Decreto 25-2001, establece el PANIC.

Las normas jurídicas sectoriales:

a. La Ley 467, Ley de promoción al sub-sector hidroeléctrico.
b. La Ley 495, Ley general de Turismo y su reglamento.
c. La Ley 462, Ley de Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal
d. La Ley 298, Ley de ENACAL
e. La Ley general de aguas, aprobada en lo general por la Asamblea Nacional.

Las normas jurídicas orgánicas e institucionales:

a. La Ley 40-261, en sus artículos 6, 7, 28, 93 al 101.
b. La Ley 28, Estatuto de Autonomía de la Costa Caribe de Nicaragua y su Reglamento.
c. La Ley 290, Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo y su Reglamento.
d. La Ley 475, Ley de Participación Ciudadana
e. Decreto 21-2002, Creación de la ONDL y la Cuenta Nacional de Carbono.

Dentro de los instrumentos para la gestión hídrica que tienen por objeto garantizar el uso y aprovechamiento eficiente, equitativo, sostenible y sustentable del recurso, se tienen los siguientes[5]:

a. La Política Nacional de Recursos Hídricos.
b. El Ordenamiento Jurídico.
c. La Planificación de los Recursos Hídricos.
d. Registro Central y Municipal del Agua.
e. Sistemas de Información de Recursos Hídricos.

[5] Ley de Agua de Nicaragua. 2007. Managua, Nicaragua. pp. 9-10.

Anexo 3

A. Indicador de la Calidad Físico–Química del agua.

FICHA DEL INDICADOR **Indicador No. 1**	
1. Nombre del Indicador: **Calidad Físico-Química del agua**	
2. Definición del Indicador: Se define como la concentración medida mediante análisis de los parámetros físicos y químicos en el agua y cuyos valores se puedan encontrar o no dentro de los rangos establecidos como valores guías por los organismos especializados tanto nacionales como internacionales que definen la calidad del agua. La concentración de estos parámetros en el agua puede ser perjudicial para la salud del ser humano, animales o alterar los ecosistemas vegetales.	
3. Justificación de la Importancia del Indicador: Es un indicador de impacto del POSAF, útil para monitorear los cambios en la calidad del agua en función de las intervenciones del Programa en las áreas priorizadas. Este indicador tiene relación con la seguridad en el uso del agua, pero también para establecer las medidas o prácticas requeridas identificando causas para alcanzar la calidad demandada del recurso para un determinado uso.	
4. Unidad de medida del Indicador: Valor de la concentración de los elementos en el agua, generalmente expresados en mg/l.	
5. Fórmula del Indicador: **Calidad Buena <=> VPE ≤ VR**	
6. Descripción Metodológica: La evaluación de la calidad físico-química del agua consiste en la toma de muestras en cuerpos de agua a los que se le realiza los correspondientes análisis a nivel de campo y de laboratorio para cada uno de los parámetros, tanto físicos como químicos.	
6.1 Proceso de cálculo general del Indicador: Cada parámetro se evalúa haciendo uso de los equipos de campo básicos y recolectando una muestra de agua que es analizada en un laboratorio competente. Una vez realizado los análisis, se comparan los resultados con los valores de referencia.	
6.2 Definición de cada variable de la fórmula:	
VPE	Valor del Parámetro Evaluado
VR	Valor de Referencia

7.	**Limitaciones del Indicador**: Una muestra define únicamente la calidad del agua en el punto de muestreo y en el momento de muestreo. Para tener información mas completa se requieren muestreos sistemáticos, por lo que se incrementan los costos significativamente. Otra limitante es que se debe ser muy cuidadoso en el manejo y traslado de las muestras al laboratorio.
8.	**Cobertura**: Este indicador se establece a nivel de microcuenca o subcuenca.
9.	**Fuente de datos:** Los usuarios del suelo y del agua en la zona, tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de muestreo. El laboratorio de aguas seleccionado. Normativas de calidad del agua reportada por las instituciones especializadas. Los usos del suelo aguas arriba también definen parámetros físicos y químicos a evaluar.
10.	**Disponibilidad de datos:** Existen muy pocos registros sistematizados sobre calidad físico-química del agua a nivel de microcuencas.
11.	**Forma de presentación de los datos:** Son datos que pueden presentarse en forma de Cuadros ó gráficos para hacer comparaciones en el tiempo.
12.	**Periodicidad del indicador:** Puede ser variable dependiendo del interés. Se monitoreará durante un año, tanto en época seca como lluviosa.
13.	**Entidades responsables del indicador**: Organismo ambiental con interés en mantener actualizada información sobre indicadores ambientales en cada territorio.
14.	**Documentación relacionada con el indicador**: (1) Normas de calidad del agua para consumo humano CAPRE. (2) Normas FAO para calidad de agua en la agricultura.
15.	**Bases de datos simplificadas y salida del indicador**: Tablas con valores de las evaluaciones y su interpretación.
16.	**Observaciones**: Los parámetros físicos y químicos a monitorear para establecer la calidad del agua deben definirse de acuerdo al uso que tiene este recurso en el punto de muestreo seleccionado para minimizar los costos y cumplir los objetivos del monitoreo
17.	**Preparado por:** Edmundo Umaña Gómez – Universidad Nacional Agraria, modificado por María Encarnación Juárez

B. Indicador de la Calidad microbiológica del agua

FICHA DEL INDICADOR **Indicador No. 2**
1. Nombre del Indicador: **Calidad microbiológico del agua**
2. Definición del Indicador: Se define como la concentración de bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales o de animales. Se tomarán en cuenta coliformes totales y coliformes fecales.
3. Justificación de la Importancia del Indicador: Es necesario para la seguridad en el uso del agua para consumo.
4. Unidad de medida del Indicador: Valor de la concentración de coliformes, generalmente expresado en NMP/100ml (Número Más Probable por 100ml).
5. Fórmula del Indicador: $CCF_{(uso\ humano)}$ = Σ (CF) =0 ; Σ (CT) = <4 ufc/100mL (unidades formadoras de colonias9
6. Descripción Metodológica: Consiste en la toma de muestras en cuerpos de agua para realizar los correspondientes análisis de laboratorio y la comparación de los resultados con los valores guías establecidos.
6.1 Proceso de cálculo del Indicador: Se realiza mediante Análisis de Laboratorio. El laboratorio reconocido para la realización de estos análisis es el Laboratorio de Microbiología de Aguas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León.
6.2 Definición de cada variable:
$CCF_{(uso\ humano)}$ Concentración de coliformes fecales en agua para uso humano
CF Coliformes Fecales (NMP/100 ml)
CT Coliformes Totales (NMP/100 ml)
7. Limitaciones del Indicador: Una muestra define únicamente la calidad en el punto de muestreo y en el momento de muestreo. Para tener información más completa se requieren muchos muestreos por lo que se incrementan los costos significativamente. Se requieren muchos cuidados en el manejo y traslado de las muestras al laboratorio.
8. Cobertura: Este indicador se puede establecer a nivel de micro cuenca.
9. Fuente de datos: Los usuarios del suelo y del agua en la zona tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de muestreo. El laboratorio de aguas seleccionado. Normativas de calidad del agua para consumo humano reportada por las instituciones especializadas.
10. Disponibilidad de datos: Existen muy pocos registros sistematizados a nivel de micro

cuencas. Para las fuentes de agua para consumo humano existe información que registra ENACAL pero no siempre está disponible para los usuarios.
11. Forma de presentación de los datos: Son datos que pueden presentarse en forma de tablas para hacer comparaciones.
12. Periodicidad del indicador: Puede ser variable dependiendo del interés. Es recomendable hacerlo al menos 2 veces al año en época seca y lluviosa.
13. Entidades responsables del indicador: Entidad u organismo ambiental con presencia en la región y de preferencia en coordinación con organismo de salud pública local.
14. Documentación relacionada con el indicador: Guías con valores de referencia.
15. Bases de datos simplificadas y salida del indicador: Tablas y/o gráficos
16. Observaciones: Para el monitoreo de los parámetros bacteriológicos debe de tenerse muchos cuidado para no contaminar la muestra. Los recolectores deben estar debidamente esterilizados y el traslado hacia el laboratorio debe hacerse en el menor tiempo posible y tomando los cuidados correspondientes. En el caso de que no sea posible el traslado inmediato las muestras deberán ser preservadas en un termo con hielo.
17. Elaborado por: Aura Lyli Orozco Solórzano y María Encarnación Juárez Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León.

C. Indicador de la Cantidad de Agua en Corrientes Superficiales

FIHA DEL INDICADOR **Indicador No.3**
1. Nombre del Indicador: **Caudal en corrientes superficiales**
2. Definición del Indicador: El caudal es el volumen de agua que pasa por una sección en la unidad de tiempo en una corriente superficial. La medición del caudal de una corriente se conoce como aforo para el cual existen muchos métodos que se utilizan dependiendo de las condiciones del sitio y grado de exactitud requerida.
3. Justificación de la Importancia del Indicador: La determinación del caudal de una corriente en la microcuenca sobre todo en el período no lluvioso es muy importante porque permite estimar el aporte producto de la infiltración y retención de agua en la microcuenca.
4. Unidad de medida del Indicador: m^3/s (metros cúbicos por segundo) para corrientes con grandes caudales o bien L/s (litros por segundo) para corrientes con bajos caudales.
5. Fórmula del Indicador: $Q = \frac{V}{t}$

6. Descripción Metodológica: Consiste en la aplicación de técnicas con el uso de dispositivos en la corriente y la aplicación de la fórmula y procedimiento específico para cada técnica. Los métodos más usados son el Vertedor, El Molinete y los Flotadores, estos dos últimos consideran el área de la sección y la velocidad del flujo.	
6.1 Proceso de cálculo general del indicador:	
6.2 Definición de cada variable:	
Q	Caudal (volumen de agua que circula al momento de la medición)
V	Volumen de agua (m^3) o (litros)
t	Tiempo en segundos (s)
7. Limitaciones del Indicador: Los caudales en una corriente pueden ser variables en el tiempo. Las estaciones de medición son alteradas por las fluctuaciones de caudales en el período lluvioso.	
8. Cobertura: Este indicador es aplicable a nivel de microcuenca o subcuenca.	
9. Fuente de datos: Mediciones directas en las fuentes de agua priorizadas.	
10. Disponibilidad de datos: Aunque INETER es la institución que monitorea los caudales en algunas corrientes de interés nacional, la información disponible es limitada. Los registros de las precipitaciones promedios en los diferentes territorios están disponibles en INETER.	
11. Forma de presentación de los datos: Son datos puntuales que se pueden relacionar en el tiempo.	
12. Periodicidad del indicador: Es recomendable dos veces al año, en época seca y en época lluviosa.	
13. Entidades responsables del indicador: Entidad u organismo ambiental con presencia en la región.	

14. Documentación relacionada con el indicador: Registro de las precipitaciones en la micro cuenca de interés.
15. Bases de datos simplificadas y salida del indicador: Datos y/o gráfico de las mediciones en el tiempo.
16. Observaciones: Debe seleccionarse el método que más se adecue al sitio y tipo de corriente. Lo más recomendable es el uso de un molinete, o sea dispositivos que miden la velocidad del flujo de la corriente en forma directa.
17. Preparado por: Edmundo Umaña Gómez – Universidad Nacional Agraria

D. Bioindicador de calidad de agua.

FICHA DEL INDICADOR Indicador No.4	
1.	**Nombre del Indicador**: **Presencia de Macro invertebrados en corrientes superficiales.**
2.	**Definición del Indicador**: Se define como la presencia de organismos (Macroinvertebrados) que son indicadores de las condiciones ecológicas o de la calidad del agua. Este indicador permite estimar la calidad del agua en función de la tolerancia de estos organismos frente a la contaminación.
3.	**Justificación de la Importancia del Indicador**: El empleo de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua permite tener estimaciones cuantitativas de la calidad del agua sin necesidad de hacer los costosos análisis de laboratorio. Este es un método sencillo principalmente de campo que requiere un poco de entrenamiento y que por el ciclo de vida largo y escasa capacidad de movimientos de los macroinvertebrados permite una estimación del grado de contaminación bastante cercano a la realidad. Este es un indicador de seguimiento del POSAF II.
4.	**Unidad de medida del Indicador**: El número de familias encontradas en la corriente y su correspondiente valor. La clasificación del agua está dada por el valor total correspondiente a la sumatoria de todas las familias encontradas.
5.	**Fórmula del Indicador:** Σ (F x Vf); F= Familia; Vf= Valor de Familia

6. Descripción Metodológica: Consiste en la toma de muestras de macro invertebrados con una red de malla en distintos puntos del sitio de muestreo e identificar las familias encontradas y asignarles un valor a cada familia encontrada de acuerdo a una clave. El muestreo termina cuando no hay aportes de nuevas familias en el muestreo.	
6.1 Proceso de cálculo general del indicador: Para identificar la calidad del agua por la presencia de macroinvertebrados, se suman los valores de las familias encontradas y con el valor total se establece la calidad en base a la las categorías mostradas en el Cuadro tabla de clasificaciones de acuerdo al índice BMWP que se muestra a continuación.	
6.2 Definición de cada variable de la fórmula:	
F	Familia encontrada
Vf	Valor de familia
7. Limitaciones del Indicador: Se obtiene una estimación cualitativa de la calidad del agua. Se requiere de un entrenamiento previo para la identificación de las familias. En caso de que no se puedan identificar algunas familias en campo es necesario llevar muestras al laboratorio u oficina para su identificación. Las referencias usadas en Nicaragua corresponden a experiencias en otros países, no se tienen reportes de las familias más comunes en determinados ríos del país.	
8. Cobertura: Este indicador se puede establecer a nivel de micro cuenca.	
9. Fuente de datos: Los usuarios del suelo y del agua en la zona tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de muestreo	
10. Disponibilidad de datos: Existen pocas experiencias en el país con este método.	
11. Forma de presentación de los datos: Son datos que pueden presentarse en forma de tablas para hacer comparaciones.	
12. Periodicidad del indicador: Puede ser variable dependiendo del interés. Se puede hacer dos	

veces al año.
13. Entidades responsables del indicador: Entidad u organismo ambiental con presencia en la región y en coordinación con organismo de salud pública.
14. Documentación relacionada con el indicador: Guías y Claves para la Identificación de Macroinvertebrados.
15. Bases de datos simplificadas y salida del indicador: Tablas
16. Observaciones: Debe tomarse en cuenta que este es un método cualitativo sin embargo es una forma rápida de tener una referencia de la calidad del agua. El uso de estos métodos alternativos para evaluar la calidad del agua, supone una reducción en el muestreo del agua para análisis de laboratorio y con ello una reducción de los costos.

Anexo 4

Talleres

Resultados del Taller de Identificación de la problemática ambiental de la microcuenca en cuanto al recurso de aguas superficiales

Presentación del taller por parte del MSc. Pedro Orozco (PIMCHAS) y MSc. María Encarnación Juárez

.

Representante de grupo exponiendo trabajo de auto mapeo.

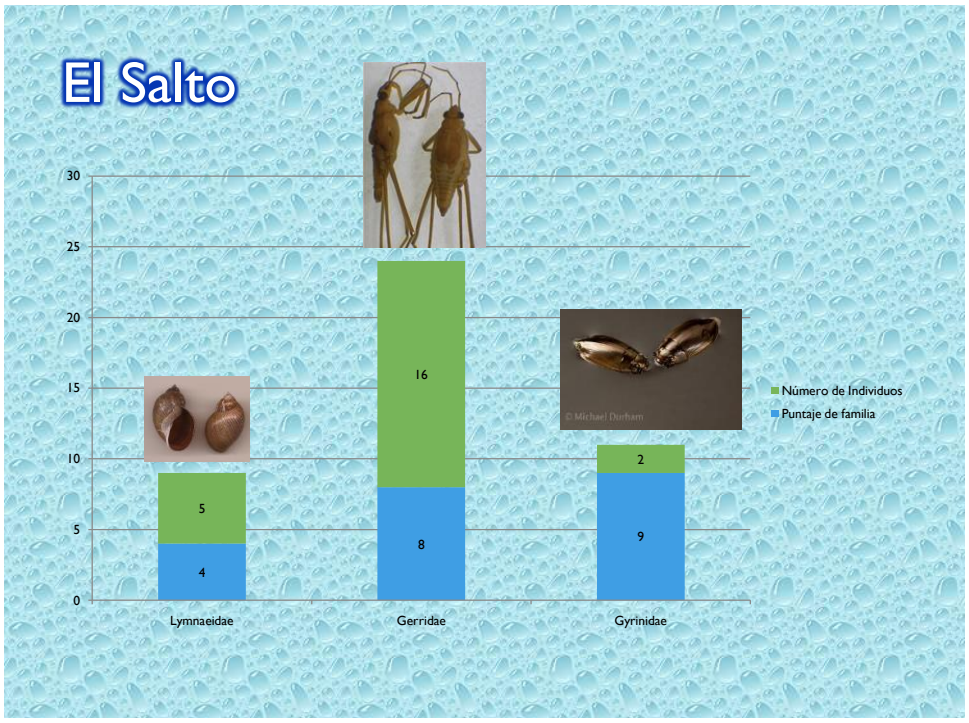
Cierre del Taller por parte del representante de PIMCHAS, MSc. Pedro Orozco.

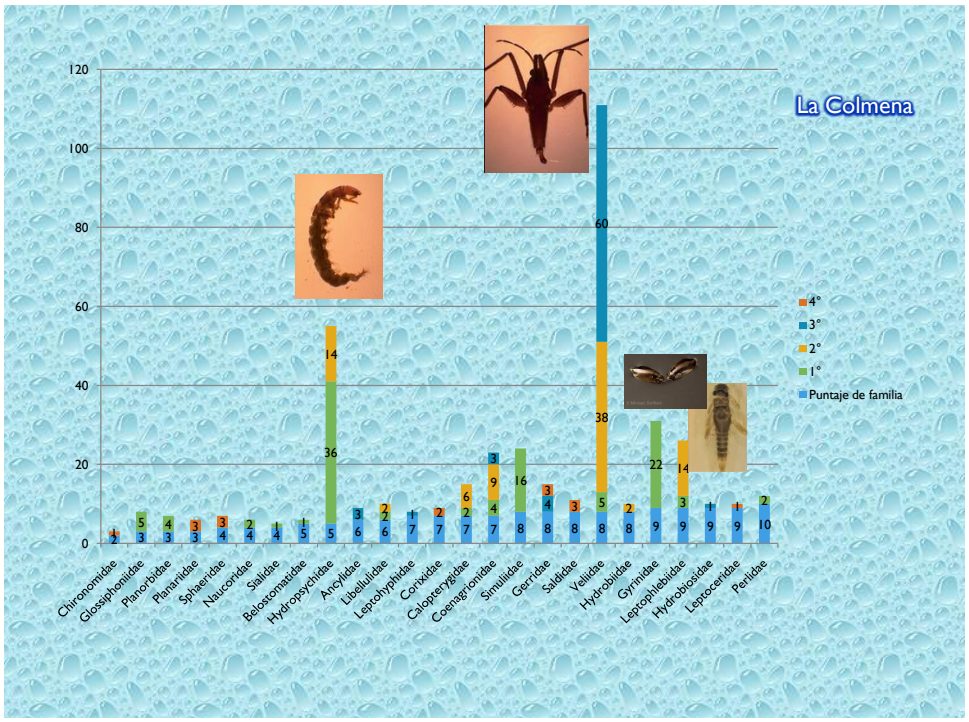
Resultados del Taller de Capacitación en Técnicas de Muestreo de agua, macroinvertebrados y plantas.

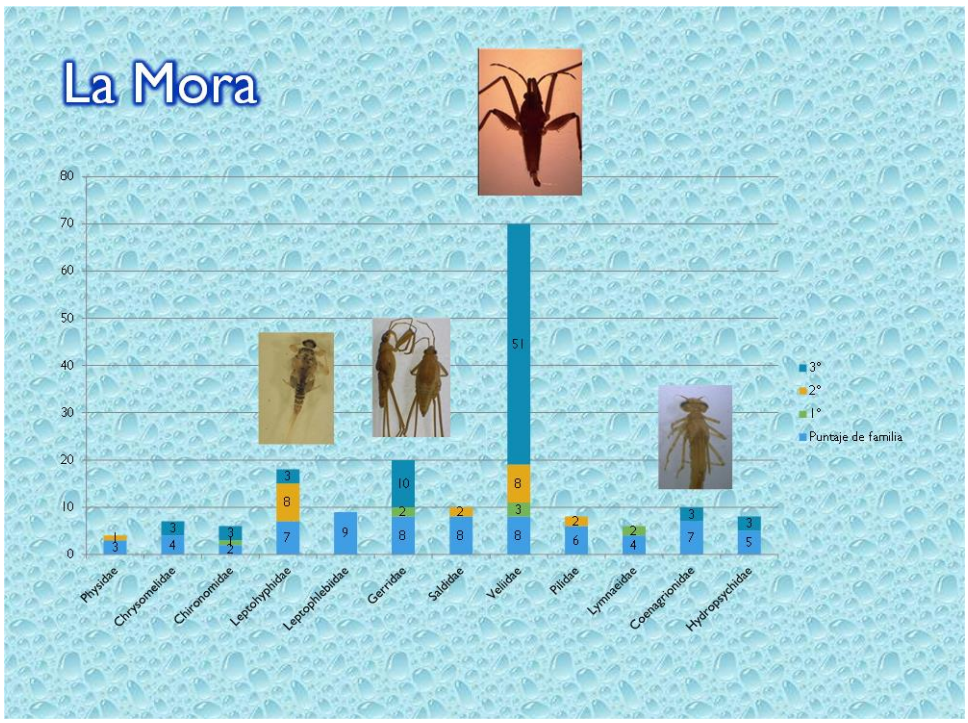
Participantes del taller escuchando las presentaciones

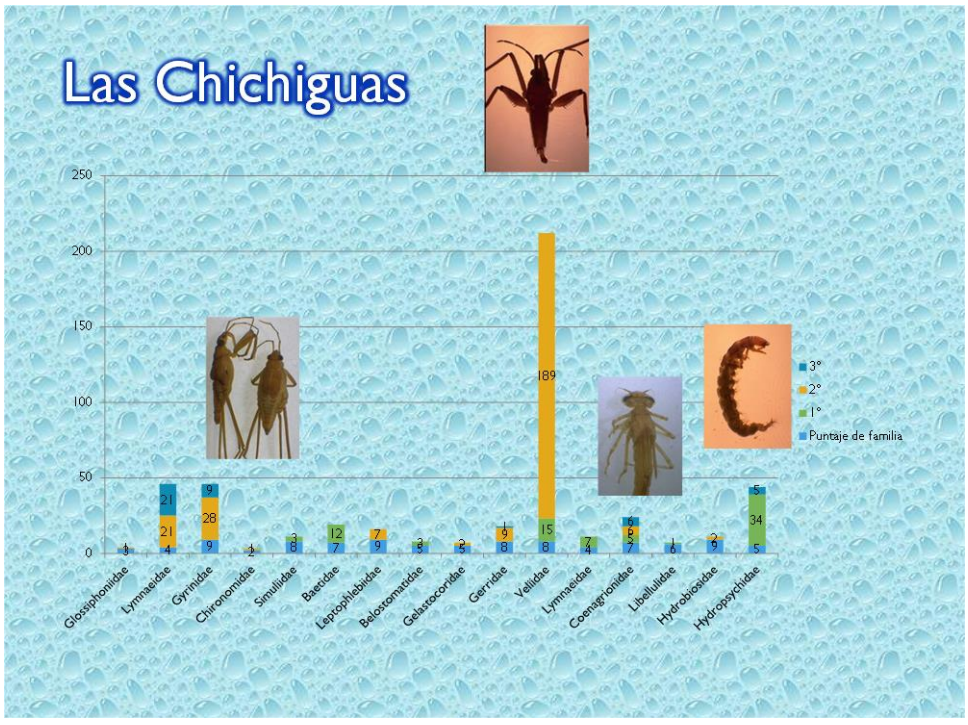
Trabajo práctico: Toma de muestras de agua, macroinvertebrados y plantas

Anexo 5


El Salto
30
25
20
15
10
5
0
16
5
4
8
2
9
Lymnaeidae
Gerridae
Gyrinidae
Número de Individuos
Puntaje de familia

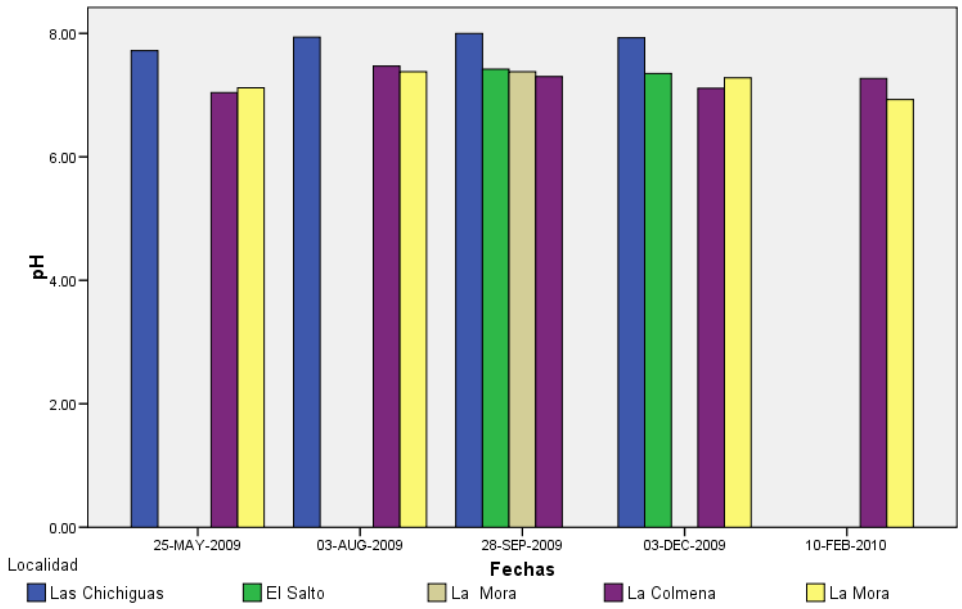

La Colmena
120
100
80
60
40
20
0
4°
3°
2°
1°
Puntaje de familia
Chironomidae
Glossiphoniidae
Planorbidae
Planariidae
Sphaeriidae
Naucoridae
Sialidae
Belostomatidae
Hydropsychidae
Ancylidae
Libellulidae
Leptohyphidae
Corixidae
Calopterygidae
Coenagrionidae
Simuliidae
Gerridae
Saldidae
Veliidae
Hydrobiidae
Gyrinidae
Leptophlebiidae
Hydrobiosidae
Leptoceridae
Perlidae

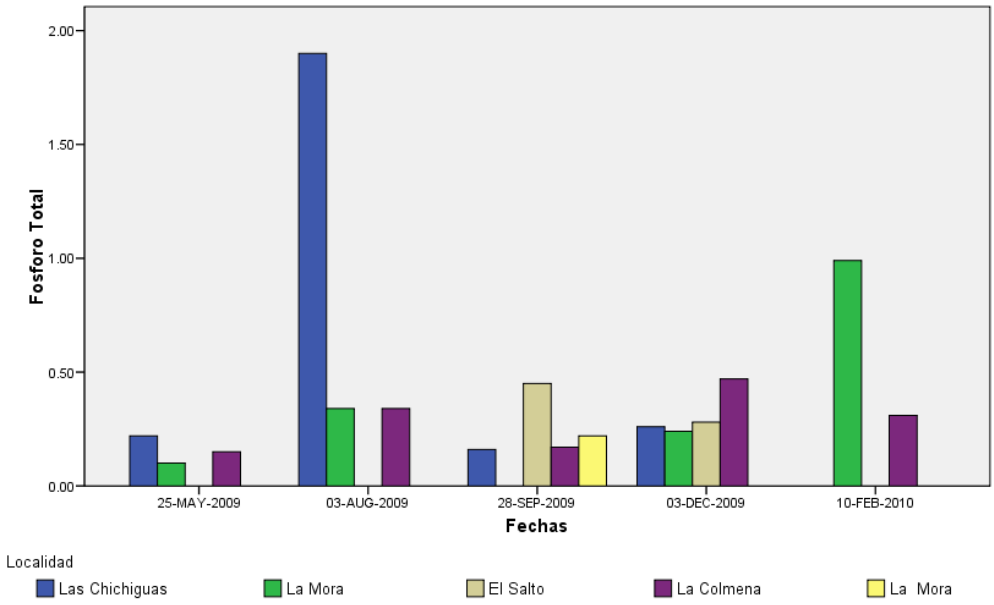

La Mora
80
70
60
50
40
30
20
10
0
3°
2°
1°
Puntaje de familia
Physidae
Chrysomelidae
Chironomidae
Leptohyphidae
Leptophlebiidae
Gerridae
Saldidae
Veliidae
Pilidae
Lymnaeidae
Coenagrionidae
Hydropsychidae

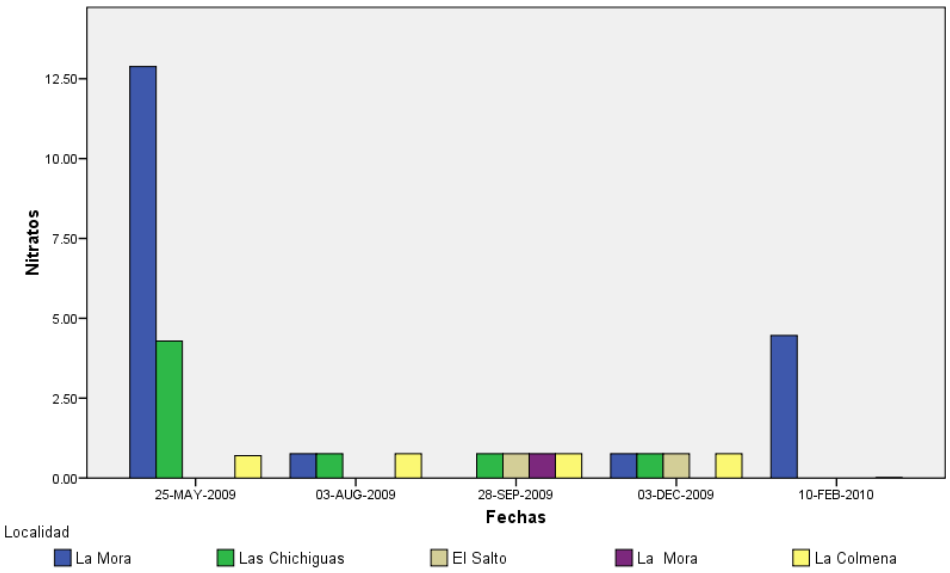

Las Chichiguas
250
200
150
100
50
0
3°
2°
1°
Puntaje de familia
Glossiphoniidae
Lymnaeidae
Gyrinidae
Chironomidae
Simuliidae
Baetidae
Leptophlebiidae
Belostomatidae
Gelastocoridae
Gerridae
Veliidae
Lymnaeidae
Coenagrionidae
Libellulidae
Hydrobiosidae
Hydropsychidae

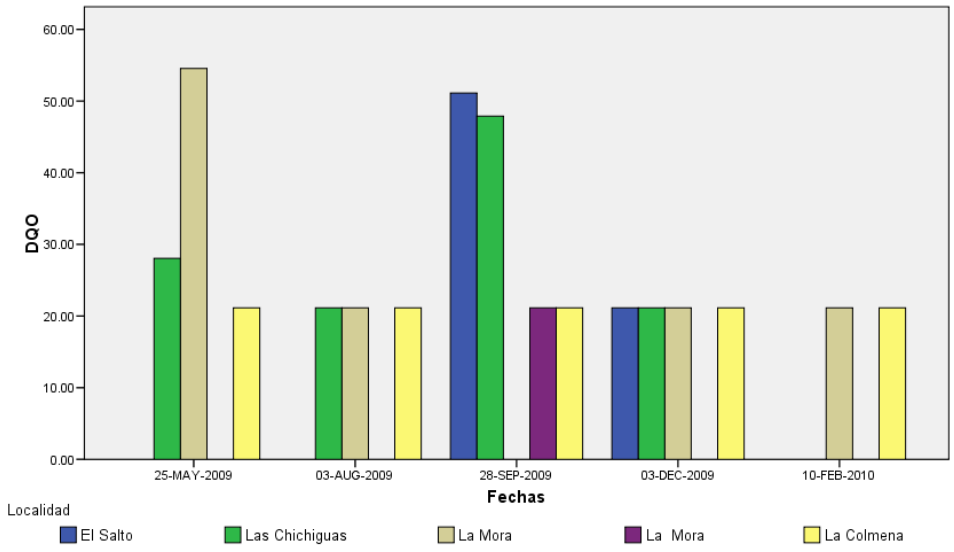
Anexo 6

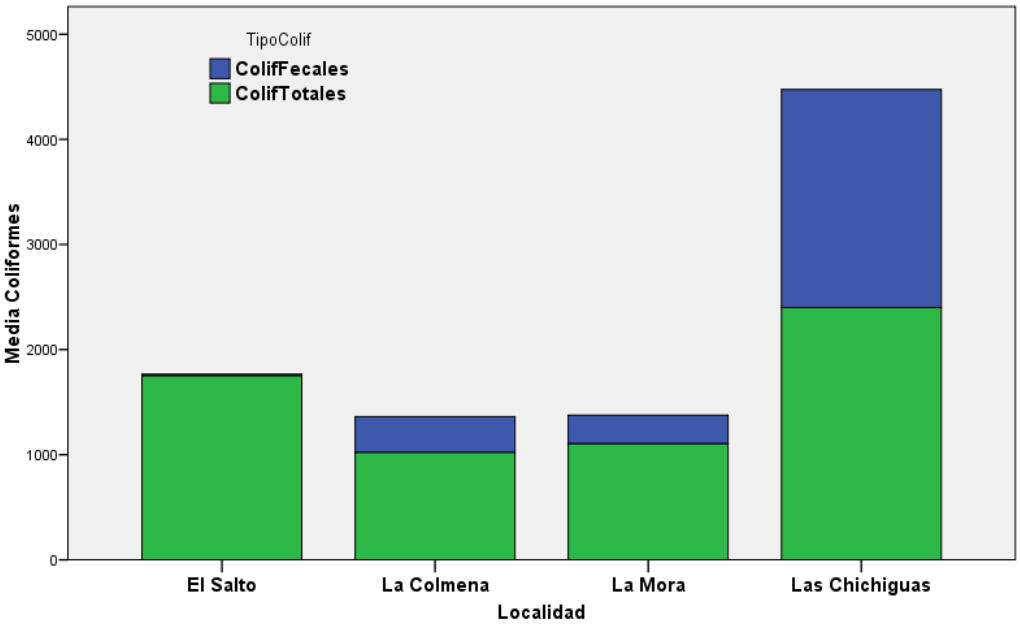
Gráficos de variables físico-químicas y microbiológicas medidas.






Nitratos
12.50
10.00
7.50
5.00
2.50
0.00
25-MAY-2009
03-AUG-2009
28-SEP-2009
03-DEC-2009
10-FEB-2010
Fechas
Localidad
La Mora
Las Chichiguas
El Salto
La Mora
La Colmena


DQO
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
25-MAY-2009
03-AUG-2009
28-SEP-2009
03-DEC-2009
10-FEB-2010
Fechas
Localidad
El Salto
Las Chichiguas
La Mora
La Mora
La Colmena


TipoColif
ColifFecales
ColifTotales
Media Coliformes
5000
4000
3000
2000
1000
0
El Salto
La Colmena
La Mora
Las Chichiguas
Localidad