



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**TESIS DE GRADO**  
**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**TEMA:**  
**BALANCE HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO “NILA”, CANTÓN BUENA**  
**FE, PROVINCIA LOS RÍOS**

**AUTORA:**  
**PAOLA LISSETTE VILLACÍS QUIÑONEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**  
**ING. JORGE ALFONSO NEIRA MOSQUERA M.Sc.**

**QUEVEDO – ECUADOR**

**2014**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, PAOLA LISSETTE VILLACÍS QUIÑONEZ, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Paola Lissette Villacís Quiñonez**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

El suscrito, **ING. JORGE NEIRA MOSQUERA**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la Egresada, Villacís Quiñonez Paola Lissette, realizó la tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental titulada “Balance hídrico de la microcuenca río “Nila”, cantón Buena Fe, Provincia Los Ríos”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. Jorge Neira Mosquera  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Tesis de grado presentada al Honorable Consejo Directivo como requisito  
previa a la obtención del título de:

Ingeniera en Gestión Ambiental

**“BALANCE HÍDRICO DE LA MICROCUENCA RÍO “NILA”,  
CANTÓN BUENA FE, PROVINCIA LOS RÍOS”**

APROBADO POR:

---

Ing. Julio Pazmiño Rodríguez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

Ing. Ángel Yépez Rosado  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
TESIS**

---

Ing. César Cevallos Cueva  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
TESIS**

QUEVEDO – ECUADOR  
2014

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ *En primera instancia quiero agradecer a Dios Todopoderoso creador y dador de la vida, quien con su poder me ayudo a escalar un peldaño más en la vida. Le agradezco a él por darme esa fuerza, perseverancia, valentía, sobre todo por haberme regalado mucha sabiduría; durante mis estudios iniciales hasta los universitarios.*
- ❖ *A mi madre por ser quien siempre estuvo guiándome por el sendero correcto y corrigiéndome en momentos de dificultad y angustia.*
- ❖ *A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haberme acogido como una alumna más dentro de la institución, en la Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental. Sin olvidar y darle mis ansiados agradecimientos a sus distinguidas autoridades por el aporte y apoyo tanto académico – profesional como personal. Incentivándome de una u otra manera a seguir adelante y brindándome la oportunidad de ser uno más de ellos y por haber compartido sus conocimientos y experiencias a cada uno de nosotros.*
- ❖ *Al Ing. Jorge Alonso Neira Mosquera distinguido catedrático, amigo y Director de esta Tesis, por el apoyo y confianza en mí brindada. Quien fue participe de mi desempeño estudiantil en las aulas universitarias.*
- ❖ *Antemano también agradezco a los funcionarios de la Prefectura de la Unidad de Gestión Ambiental y Riesgo, a ellos quienes me dieron su apoyo logístico para el trabajo de oficina y de campo. Pues no puedo dejar a un lado a mis amigos/as, compañeros/as por estar en todo momento, a ellos que los considero como mis hermanos del alma.*

## DEDICATORIA

*Este trabajo investigativo lo dedico con mucho amor y afínco primordialmente al Todopoderoso; mi Dios amado creador del Cielo, la Tierra y las fuentes de Aguas vivas, quien es guía de mi vida y mi sustento, fuente de inspiración y amigo incondicional. Por ser él quien a través de su Santo Espíritu, me ha regalado el don de sabiduría, fortaleza y conocimiento durante los momentos vividos a lo largo de mi trayectoria académica y camino que me he trazado.*

*A mi madre, Felicita Quiñonez Acosta por su apoyo absoluto en todo momento; por ser mi ángel de la guarda, guía y ejemplo a seguir. A ella le dedico mi Tesis con todo mi cariño, porque es mi inspiración, motivación y fue quien estuvo conmigo en cada instante de mi vida animándome a seguir adelante y enseñándome a ser perseverante y a no rendirme frente a diferentes barreras, adversidades y obstáculos que se presentan en el camino de la vida conforme pasa el tiempo. Este logro no tan solo es mío, sino también de ella, por el simple hecho de formar parte de mi vida, y por su grande apoyo moral – económico que siempre me brinda.*

*Sin dejar a un lado a mis hermanos Byron y Kenia Villacís Quiñonez, a ellos por haberme dado fuerzas y apoyo en toda ocasión. Ya sea en momentos de angustia, discordia o conflictos siempre han estado a mi lado y espero seguir contando con ellos. A mi angelito bello Daniel Villacís Quispe (sobrino), quien desde hace 5 años forma parte de mi vida. A mis amigos/as por los momentos compartidos y consejos impartidos que día a día me ha servido para crecer más como persona, por esas experiencias vividas que se quedan en el tiempo pero que siempre recordaremos.*

*Paola Lissette Villacís Quiñonez*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                            |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....                                          | ii   |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....                                                  | iii  |
| AGRADECIMIENTOS .....                                                                      | v    |
| DEDICATORIA .....                                                                          | vi   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....                                                                  | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                     | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                                                     | xii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                                                                      | xiii |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                                                    | xv   |
| ABSTRAC .....                                                                              | xvi  |
| CAPÍTULO I. Marco Contextual de la Investigación .....                                     | 1    |
| 1.1. INTRODUCCIÓN .....                                                                    | 2    |
| 1.2. OBJETIVOS .....                                                                       | 4    |
| 1.2.1. Objetivo general .....                                                              | 4    |
| 1.2.2. Objetivos específicos .....                                                         | 4    |
| 1.3. HIPÓTESIS .....                                                                       | 5    |
| CAPÍTULO II. Marco Teórico .....                                                           | 6    |
| Marco Teórico .....                                                                        | 6    |
| 2.1. Ciclo hidrológico del agua .....                                                      | 7    |
| 2.2. Estado del recurso: disponibilidad global y demandas .....                            | 10   |
| 2.3. Cuenca hidrográfica .....                                                             | 11   |
| 2.3.1. Cuenca como sistema.....                                                            | 13   |
| 2.3.2. Morfometría de las cuencas.....                                                     | 14   |
| 2.3.3. Cuenca como unidad de gestión ambiental .....                                       | 15   |
| 2.3.4. Manejo integrado de cuencas .....                                                   | 16   |
| 2.4. Microcuenca hidrográfica .....                                                        | 16   |
| 2.4.1. La microcuenca como unidad hidrológica .....                                        | 17   |
| 2.4.2. Dimensión de la microcuenca .....                                                   | 18   |
| 2.4.3. Manejo de microcuencas hidrográficas: Una forma de promover la gobernabilidad ..... | 19   |
| 2.4.3.1. Comité gestor de microcuencas. ....                                               | 19   |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5. Calidad del agua dentro del contexto en el manejo de cuencas hidrográficas .....             | 20 |
| 2.5.1. Determinación de la calidad del agua .....                                                 | 21 |
| 2.5.2. Métodos Físicos – Químicos .....                                                           | 21 |
| 2.5.3. Indicadores de la calidad del agua.....                                                    | 21 |
| 2.5.3.1. Temperatura del agua. ....                                                               | 22 |
| 2.5.3.2. Conductividad Eléctrica. ....                                                            | 23 |
| 2.5.3.3. Potencial de Hidrógeno. ....                                                             | 24 |
| 2.5.3.4. Oxígeno Disuelto. ....                                                                   | 26 |
| 2.5.4. Muestreos y análisis del agua.....                                                         | 28 |
| 2.6. Balance hídrico de una cuenca .....                                                          | 29 |
| 2.6.1. Descripción de componentes del balance hídrico .....                                       | 31 |
| 2.6.1.1. Precipitación. ....                                                                      | 31 |
| 2.6.1.2. Escorrentía. ....                                                                        | 32 |
| 2.6.1.3. Evapotranspiración Potencial (ETP). ....                                                 | 32 |
| 2.6.2. Importancia de los bosques en el balance hídrico .....                                     | 33 |
| 2.7. Planes de manejo de cuencas .....                                                            | 35 |
| 2.7.1. Metas a alcanzar en un plan de manejo de una cuenca .....                                  | 36 |
| CAPÍTULO III. Metodología de la Investigación.....                                                | 38 |
| Metodología de la Investigación.....                                                              | 38 |
| 3.1. Materiales y metodología .....                                                               | 39 |
| 3.1.1. Caracterización del lugar .....                                                            | 39 |
| 3.1.1.1. Ubicación geográfica. ....                                                               | 39 |
| 3.1.1.2. Características Climáticas. ....                                                         | 40 |
| 3.2. Materiales y equipos .....                                                                   | 40 |
| 3.2.1. Materiales de oficina .....                                                                | 40 |
| 3.2.2. Materiales de campo.....                                                                   | 41 |
| 3.2.3. Materiales de laboratorio.....                                                             | 41 |
| 3.3. Metodología.....                                                                             | 42 |
| 3.3.1. Caracterización socioeconómica.....                                                        | 42 |
| 3.3.2. Caracterización de las condiciones biofísicas del área de influencia a la microcuenca..... | 42 |
| 3.3.3. Modelo matemático de la precipitación .....                                                | 43 |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.3.1.                                  | Relleno de series.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 43 |
| 3.3.3.2.                                  | Obtención del modelo matemático. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 45 |
| 3.3.4.                                    | Modelo matemático para la temperatura.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 45 |
| 3.3.4.1.                                  | Relleno de series.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 45 |
| 3.3.4.2.                                  | Obtención del modelo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 46 |
| 3.3.5.                                    | Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ETP).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 46 |
| 3.3.6.                                    | Determinación del balance hídrico de la microcuenca Nila.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 47 |
| 3.3.7.                                    | Monitoreo de los parámetros físicos – químicos básicos de la calidad del agua.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 47 |
| 3.3.8.                                    | Monitoreo de los metales pesados.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 48 |
| 3.3.9.                                    | Determinación del caudal del río Nila.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 48 |
| 3.3.10.                                   | Identificar y analizar los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 49 |
| 3.3.11.                                   | Elaboración de la propuesta de manejo ambiental.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 52 |
| CAPÍTULO IV. Resultados y Discusión ..... |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 53 |
| 4.1.                                      | Resultados .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 54 |
| 4.1.2.                                    | Caracterización biofísica de la microcuenca .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 55 |
| 4.1.2.1.                                  | Descripción general.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 55 |
| 4.1.2.2.                                  | Descripción del Medio Físico.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 55 |
| 4.1.2.3.                                  | Descripción del Medio Biótico.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 58 |
| 4.2.                                      | Modelo matemático de precipitación .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 60 |
| 4.3.                                      | Modelo matemático de temperatura.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 61 |
| 4.4.                                      | Aporte (Precipitación) y pérdida del agua (Evo transpiración potencial) en la microcuenca Nila.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 62 |
| 4.5.                                      | Balance hídrico de la microcuenca.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 63 |
| 4.6.                                      | Análisis de los parámetros físicos – químicos básicos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 64 |
| 4.6.1.                                    | Análisis de componentes principales: Oxígeno Disuelto (od-1). Conductividad Eléctrica (ce-1). Sólidos Totales Disuelto (std-1). Temperatura de agua (t-1). Potencial de Hidrógeno (pH-1). Turbidez (Tu-1).Oxígeno Disuelto (od-2). Conductividad Eléctrica (ce-2). Sólidos Totales Disuelto (std-2). Temperatura de agua (t-2). Potencial de Hidrógeno (pH-2). Turbidez (Tu-2). Oxígeno Disuelto (od-3). Conductividad Eléctrica (ce-3). Sólidos Totales |    |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Disuelto (std-3). Temperatura de agua (t-3). Potencial de Hidrógeno (pH-39. Turbidez (Tu-3). ..... | 65 |
| 4.6.2. Análisis factorial: od-1. od-2. od-3.....                                                   | 66 |
| 4.6.3. Análisis de variables de conglomerados: od-1. od-2. od-3.....                               | 67 |
| 4.6.4. Modelo matemático. Análisis de regresión: od-3 vs. od-2.....                                | 67 |
| 4.7. Análisis de los metales pesados .....                                                         | 69 |
| 4.8. Caudal del río Nila .....                                                                     | 69 |
| 4.9. Resultados del cuestionario .....                                                             | 71 |
| 4.9.1. Análisis Multivariante de los resultados de los ítems de acuerdo a metodología Osood .....  | 71 |
| 4.9.1.1. Análisis factorial del componente principal de la matriz de correlación.....              | 71 |
| 4.9.1.2. Análisis de conglomerados de las variables: D. I. K .....                                 | 73 |
| 4.10. Propuesta de manejo .....                                                                    | 75 |
| 4.11. Discusión.....                                                                               | 80 |
| CAPÍTULO V. Conclusiones y Recomendaciones.....                                                    | 85 |
| 5.1. Conclusiones .....                                                                            | 86 |
| 5.2. Recomendaciones.....                                                                          | 88 |
| CAPÍTULO VI. Bibliografía.....                                                                     | 89 |
| CAPÍTULO VII. Anexos.....                                                                          | 97 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. El ciclo hidrológico .....                                                          | 9  |
| Figura 2. Partes de la cuenca .....                                                           | 13 |
| Figura 3. Representación esquemática del orden de las corrientes .....                        | 15 |
| Figura 4. Forma de promover la gobernabilidad .....                                           | 19 |
| Figura 5. Escalas de pH.....                                                                  | 25 |
| Figura 6. Relación entre Oxígeno Disuelto y la Temperatura .....                              | 27 |
| Figura 7. Área de estudio.....                                                                | 39 |
| Figura 8. Gráfica de sedimentación de oxígeno disuelto los puntos 1, 2 y 3 ....               | 61 |
| Figura 9. Gráfica del análisis factorial .....                                                | 65 |
| Figura 10. Dendograma de los valores de oxígeno disuelto en los tres puntos de muestreo ..... | 66 |
| Figura 11. Línea ajustada: od-3 vs. od-2 .....                                                | 67 |
| Figura 12. Dendograma de los ítems más discriminantes .....                                   | 72 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Escalas de conductividad para los diferentes tipos de agua.....                                      | 24 |
| Tabla 2. Rangos de oxígeno disuelto y su importancia para la vida .....                                       | 27 |
| Tabla 3. Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas UTM .....                                         | 39 |
| Tabla 4. Características climáticas .....                                                                     | 40 |
| Tabla 5. Caracterización de las condiciones socioeconómicas del área de influencia de la microcuenca.....     | 54 |
| Tabla 6. Caracterización del medio biótico de la microcuenca .....                                            | 58 |
| Tabla 7. Resumen del balance hídrico de la microcuenca río Nila .....                                         | 62 |
| Tabla 8. Resultado del monitoreo de los parámetros físicos – químicos básicos del río Nila.....               | 63 |
| Tabla 9. Análisis exploratorio de los componentes principales.....                                            | 64 |
| Tabla 10. Análisis factorial del componente principal de la matriz de correlación.. .....                     | 65 |
| Tabla 11. Análisis de la varianza (oxígeno disuelto en los puntos 2 y 3) .....                                | 66 |
| Tabla 12. Resultados de los análisis respectivos de los metales pesados .....                                 | 68 |
| Tabla 13. Aforo realiado en la microcuenca Nila en el punto 1 .....                                           | 68 |
| Tabla 14. Aforo realiado en la microcuenca Nila en el punto 2 .....                                           | 69 |
| Tabla 15. Aforo realiado en la microcuenca Nila en el punto 3 .....                                           | 69 |
| Tabla 16. Cargas de factores rotados y comunalidades Rotación Varimax.....                                    | 70 |
| Tabla 17. Cargas de factores rotados y comunalidades Rotación Varimax1 ....                                   | 71 |
| Tabla 18. Ítems más discriminantes de la encuesta según la metodología de Osgood .....                        | 73 |
| Tabla 19. Especies arbóreas nativas propuestas para la reforestacion de la microcuenca del río “Nila” .....   | 75 |
| Tabla 20. Especies arbustivas nativas propuestas para la reforestacion de la microcuenca del río “Nila” ..... | 75 |
| Tabla 21. Presupuesto para la restauración de la microcuenca Nila .....                                       | 76 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Cuestionario plicado a los moradores del sector .....                         | 98  |
| Anexo 2. Análisis de componente principal: A. B. C. D. E. F. G. H. I. J. K.....        | 100 |
| Anexo 3. Mapa de temperatura de la Microcuenca río “Nila” .....                        | 101 |
| Anexo 4. Mapa de precipitación anual de la microcuenca del río “Nila” .....            | 102 |
| Anexo 5. Mapa de evapotranspiración de la microcuenca del río “Nila” .....             | 103 |
| Anexo 6. Mapa del balance hídrico de la microcuenca del río “Nila” .....               | 104 |
| Anexo fotográfico 1. Medición de la profundidad de la microcuenca .....                | 105 |
| Anexo fotográfico 2. Toma de muestra en el punto 1 .....                               | 105 |
| Anexo fotográfico 3. Turbidímetro empleado para medir la turbidez.....                 | 105 |
| Anexo fotográfico 4. Medición del pH del agua.....                                     | 105 |
| Anexo fotográfico 5. Toma de muestra punto 2. ....                                     | 105 |
| Anexo fotográfico 6. Medición del ancho de la microcuenca .....                        | 105 |
| Anexo fotográfico 7. Medición de la conductividad eléctrica.....                       | 106 |
| Anexo de gráfico 1. Actividad económica u ocupación principal del jefe de familia..... | 106 |
| Anexo de gráfico 2. Ayuda económica por parte de una institución o del gobierno.....   | 106 |
| Anexo de gráfico 3. Gastos que cubre el ingreso familiar .....                         | 106 |

| <b>(Dublin Core) Esquema de Codificación</b> |                                 |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                           | <b>Título/Title</b>             | M | Balance hídrico de la microcuenca río "Nila", cantón Buena Fé, provincia los ríos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.                                           | <b>Creador/Creator</b>          | M | Villacís, P.; Universidad Técnica Estatal de Quevedo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.                                           | <b>Materia/Subject</b>          | M | Ciencias Ambientales; Calidad del agua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4.                                           | <b>Descripción/Description</b>  | M | <p>La presente investigación se realizó en el cantón Buena Fe, provincia Los Ríos, el objetivo principal de la misma consistió en determinar el balance hídrico de la microcuenca Nila, es decir la cantidad de recurso existente que puede ser expresado de la siguiente forma: <i>Recurso hídrico existente = Lluvia Multianual – ETP Multianual</i></p> <p>En los objetivos específicos se planteó: Caracterizar las condiciones socioeconómicas y biofísicas del área de influencia a la microcuenca, por medio de la aplicación de un cuestionario; Determinar los aportes y pérdidas del agua en la microcuenca; Determinar los principales parámetros de calidad ambiental del recurso hídrico de la microcuenca; Identificar y analizar los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca; y Elaborar una propuesta de manejo sostenible para la microcuenca.</p> |
| 5.                                           | <b>Editor/Publisher</b>         | M | FCAMB; Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental; Villacís, P.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6.                                           | <b>Colaborador/Contributor</b>  | O | Gobierno Autónomo Descentralizado de Los Ríos Zona Norte. Prefectura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7.                                           | <b>Fecha/Date</b>               | M | 10 de Julio, 2014                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8.                                           | <b>Tipo/Type</b>                | M | Tesis de grado; Artículo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9.                                           | <b>Formato/Format</b>           | R | .doc. MS Word 2010; .pdf.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 10.                                          | <b>Identificador/Identifier</b> | M | <a href="http://biblioteca.uteq.edu.ec">http://biblioteca.uteq.edu.ec</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 11.                                          | <b>Fuente/Source</b>            | O | Investigación Ambiental. Calidad del agua (2013)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12.                                          | <b>Lenguaje/Language</b>        | M | Español                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 13.                                          | <b>Relación/Relation</b>        | O | Ninguno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 14.                                          | <b>Cobertura/Coverage</b>       | M | UTM, Datum WGS 1984, Zona 17S<br>UTM 672544E- 9937850N<br>UTM 671593E- 9938935N<br>UTM 670835E- 9939448N                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 15.                                          | <b>Derechos/Rights</b>          | M | Ninguno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 16.                                          | <b>Audiencia/Audience</b>       | O | Tesis de Pregrado/Bachelor Thesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo “Balance hídrico de la microcuenca río “Nila”, cantón Buena Fe, provincia Los Ríos” se realizó entre los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014, los objetivos de la investigación fueron: caracterizar las condiciones socioeconómicas y biofísicas del área de influencia a la microcuenca, determinar los aportes y pérdidas del agua en la microcuenca, determinar los principales parámetros de calidad ambiental del recurso hídrico de la microcuenca, identificar y analizar los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca, y elaborar una propuesta de manejo sostenible para la microcuenca.

Para caracterizar las condiciones propuesta de manejo sostenible para la microcuenca socioeconómicas y biofísicas de la microcuenca se aplicó un cuestionario de 15 ítems los cuales 4 de ellos corresponden a aspectos socioeconómicos, además se entrevistó a los moradores de la microcuenca los mismos que dieron la descripción general de los componentes ambientales que constituye información de referencia acerca de la situación actual del área contemplada por la microcuenca. Para la respectiva determinación de los principales parámetros de calidad ambiental del recurso, se realizó monitoreos en tres diferentes puntos y se recogió muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio; donde se pudo constatar que los resultados obtenidos de los análisis no superan los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA.

Los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca se los conoció mediante el empleo de un cuestionario de 15 ítems 11 de ellos relacionados al aspecto ambiental, de los cuales se identificaron los más discriminantes según la metodología de Osood.

Finalmente se elaboró la propuesta de manejo sostenible para la microcuenca enfocada a la conservación del recurso agua, donde se describe los objetivos y metas que se sugiere implementar.

## **ABSTRAC**

This investigative "Hydric Balance of the watershed River 'Nila', good faith, Los Ríos province canton" was carried out between the months of December 2013 and January of 2014, the objectives of the research were: characterize the socio-economic conditions and biophysical's influence to the watershed area, determine the contributions and losses of water in the watershed, determine the main parameters of the water resources of the watershed environmental quality identify and analyze the main environmental problems that affect the watershed and develop a proposal of sustainable management for the watershed.

To characterize the conditions of sustainable management for the watershed proposal socio-economic and biophysical of the watershed applied a 15-item questionnaire which 4 of them correspond has socio-economic aspects, also has interviewed the inhabitants of the watershed which gave the general description of the environmental components that reference information on the current situation of the area covered by the watershed. For the respective determination of main parameters of environmental quality of the resource, monitoring was conducted at three different points and is collected water samples to be analyzed in the lab; where was it found that the results of the analyses do not exceed the maximum permissible limits established by the TULSMA.

He met the main environmental problems that affect the watershed is through the use of a 15-item questionnaire 11 of them related to the environmental aspect, which identified the more discriminant according to the methodology of Osood.

Finally was the proposal of sustainable management for the watershed focused to the conservation of the resource water, describing the objectives and goals that it is suggested to implement.

# **CAPÍTULO I**

## **Marco Contextual de la Investigación**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos años los problemas ambientales que se han presentado en el mundo hacen reflexionar sobre el trabajo que se debe realizar a favor de la naturaleza, buscando alcanzar el uso sustentable de los recursos naturales. Es así que el agua es la base de la vida de nuestro planeta y es el medio físico donde se desarrollan ecosistemas (ríos, lagos, humedales, entre otros) de incalculable valor ecológico y social; los cuales en la actualidad están seriamente amenazados por la gestión inadecuada de los recursos hídricos basada en un modelo insostenible de uso del agua (Mendoza, 2010).

El manejo de cuencas es por definición una parte de las acciones de gestión ambiental, dado que se realiza con la finalidad de contrarrestar efectos ambientales negativos, así como, para lograr efectos ambientales positivos. Parte de estos efectos positivos, aunque no todos, pueden ser evaluados por intermedio de la cantidad, calidad, lugar y tiempo en que el agua es captada y escurre en una cuenca. La calidad del agua, es el factor más importante para determinar el estado de la conservación de los recursos de la cuenca.

Puede afirmarse, que si el agua de cuenca puede ser bebida sin tratamiento, y sin consecuencia actuales y futuras para el hombre, significaría que más del 50% de los problemas ambientales estarían solucionados para esa cuenca, inclusive los de contaminación atmosférica. Esto explica a la vez la dificultad y la importancia que tiene a ejecutar acciones de manejo de cuencas (Bahamondes y Gaete, 2000).

Gutiérrez (2002) señala que en el Ecuador hace varios años se han venido manifestando problemas de escasez de agua en diferentes regiones del país; por ello se puede afirmar que es un recurso limitado y cada vez más costoso de obtener. SENAGUA (2009), coincide con lo anteriormente mencionado; indicando que actualmente el Ecuador se encuentra viviendo un importante proceso de cambio en el modelo de desarrollo y en el papel/rol del Estado en relación a la gestión de los recursos hídricos.

Ante esta realidad es indispensable conocer el comportamiento de las diversas variables que intervienen en el ciclo hidrológico (precipitación, evapotranspiración, caudal) con la finalidad de poder responder a la creciente demanda actual y futura de información sobre el agua y los conocimientos necesarios para el desarrollo sostenible.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1.Objetivo general**

Determinar el balance hídrico de la microcuenca del río “Nila” Cantón Buena Fe, Provincia Los Ríos.

### **1.2.2.Objetivos específicos**

- Caracterizar las condiciones socioeconómicas y biofísicas del área de influencia de la microcuenca.
- Determinar los aportes y pérdidas del agua en la microcuenca.
- Determinar los principales parámetros de calidad ambiental del recurso hídrico de la microcuenca.
- Identificar y analizar los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca.
- Elaborar una propuesta de manejo sostenible para la microcuenca del río “Nila”.

### **1.3. HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>**.- Los recursos hídricos de la microcuenca del río “Nila” no son afectados en la calidad como consecuencia del desarrollo poblacional.

**H<sub>1</sub>**.- Los recursos hídricos de la microcuenca del río “Nila” son afectados en la calidad como consecuencia del desarrollo poblacional.

## **CAPÍTULO II**

### **Marco Teórico**

## **2.1. Ciclo hidrológico del agua**

Arrueta (2009) afirma lo siguiente que el ciclo del agua o ciclo hidrológico es el proceso mediante el cual se realiza el abastecimiento de agua para las plantas, animales y el hombre. Su fundamento es que toda gota de agua, en cualquier momento en que se considere, recorre un circuito cerrado, por ejemplo, desde el momento en que es lluvia, hasta volver hacer lluvia. Este recorrido puede cerrarse por distintas vías; el ciclo hidrológico no tiene un camino único. Se parte de la nube como elemento de origen, desde ella se tienen distintas formas de precipitación, con lo que se puede considerar que inicia el ciclo; cualquiera que sea la fase del ciclo que se considere, siempre al final se tendrá el retorno a la atmósfera por evaporación.

Gutiérrez (2002) sostiene que el equilibrio del sistema natural global está determinado por la relación sistémica de sus componentes básicos, atmósfera y geósfera; interacción que a través de la confluencia de los fenómenos de precipitación, interceptación, infiltración, recarga, escorrentía, almacenamiento, evaporación y evapotranspiración, se establece en el proceso denominado Ciclo Hidrológico.

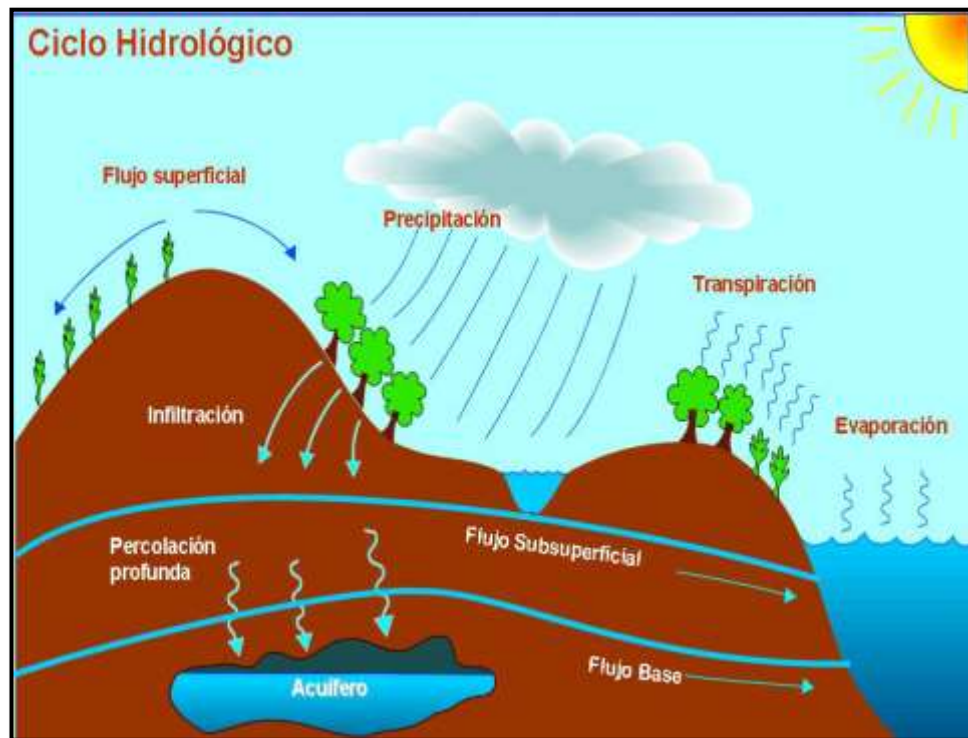
El ciclo hidrológico es un sistema cerrado que representa entradas de agua en forma líquida y sólida a través de los fenómenos de precipitación y salidas de agua en estado gaseoso a través de los fenómenos de evaporación y evapotranspiración. Además de los procesos anteriores, durante el ciclo hidrológico se producen otros procesos que afectan la captación y almacenamiento de agua en el suelo y los reservorios subterráneos. Uno de éstos procesos es la infiltración y el otro la escorrentía (Gutiérrez, 2002).

Una vez que se produce la precipitación y el agua logra alcanzar la superficie de la tierra, se produce una bifurcación hídrica, donde un flujo se introduce en el suelo por acción de la gravedad y hasta la capacidad de campo del suelo y el otro flujo escurre por las laderas (Gutiérrez, 2002).

Es el primer flujo el que influye directamente sobre la recarga de las capas subterráneas aportando los volúmenes de agua para alimentar los procesos de evaporación directa desde el suelo y la utilización del agua por las plantas. La liberación de agua por parte del volumen de recarga hídrica del perfil del suelo por acción de la gravedad, constituye los caudales de las corrientes superficiales. El aumento de la infiltración y la disminución de la velocidad de escorrentía, a través de la vegetación, permite lograr dos fenómenos muy interrelacionados entre sí: aumento de la recarga hídrica que permite el aumento de los caudales base y la disminución de los picos de crecida o de los caudales máximos (Gutiérrez, 2002).

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y en el tiempo. Cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalses, entre otras. El ciclo hidrológico además de mantener en movimiento el agua, cumple con una función importante, colaborando en mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente (INFOIARNA, 2000).

**Figura 1.** El ciclo hidrológico



Fuente: INFOIRNA (2000)

Para Gracia *et al.* (2003) dentro del ciclo hidrológico la cantidad de agua que circula por un río (caudal) varía en el tiempo y en el espacio. Estas variaciones definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o justo después de las tormentas; la escorrentía que produce la arroyada incrementa el caudal. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas (llanura de inundación). El agua que circula bajo tierra, como la de la arroyada en surcos (cauces) o el agua subterránea, tardan mucho más en alimentar el caudal del río y puede llegar a él días, semanas o meses después de la lluvia que generó la escorrentía. El caudal de un río aportado por las aguas subterráneas recibe el nombre de caudal basal, que fluctúa en función de la altura del nivel freático. Si no llueve en absoluto o la media de las precipitaciones es inferior a lo normal durante largos períodos de tiempo, el río puede llegar a secarse cuando el aporte de agua de lluvia acumulada en el suelo y subsuelo reduzca el caudal basal a cero.

Esto puede tener consecuencias desastrosas para la vida del río y sus riberas y para la gente que depende de éste para su suministro de agua. La variación espacial se da porque el caudal del río aumenta aguas abajo, a medida que se van recogiendo las aguas de la cuenca de drenaje y los aportes de las cuencas de otros ríos que se unen a él como tributarios. Debido a esto, el río que se unen en las montañas, cerca de su nacimiento y mucho mayor en las tierras bajas, próximas a su desembocadura (Gracia *et al.*, 2003).

## **2.2. Estado del recurso: disponibilidad global y demandas**

Ramsar (2008) indica que uno de los factores determinantes de la salud humana es la disponibilidad de agua dulce. El crecimiento de la población, la industrialización y la expansión de la agricultura de regadío en los últimos decenios han incrementado la demanda humana de agua. Las principales fuentes inmediatas de agua dulce renovable para consumo humano son los humedales (lagos, ríos, entre otros) y los acuíferos de aguas subterráneas de poca profundidad.

Aunque por supuesto las principales fuentes de agua que alimentan los humedales y acuíferos provienen de otros ecosistemas, principalmente montañas y bosques. En contraste, es muy poca la esorrentía que proporcionan los ecosistemas cultivados y las zonas urbanas (Ramsar, 2008).

Ramsar (2008) expresa que en el mundo hay una gran cantidad de agua dulce disponible, pero esta desigualmente repartida en el tiempo y en el espacio, y en muchos países se está utilizando a niveles insostenibles. Si a esto se le añade las complejidades del manejo del agua que atraviesa fronteras nacionales y los impactos cada vez mayores de las sequías e inundaciones provocadas por el cambio climático. Se tiene el reto para que el consumo de agua llegue a ser sostenible a nivel mundial es inmenso. A continuación se muestran algunas estadísticas que vienen al caso:

- Unos 1 400 millones de personas viven en cuencas hidrográficas donde el consumo de agua supera los niveles sostenibles.
- 2 de cada 5 personas viven en cuencas hidrográficas internacionales compartidas por más de un país.
- En el 2003 se estimó que 3 000 millones de personas dependían de las reservas de aguas subterráneas para beber, algunas de las cuales provenían de fuentes no renovables.
- Alrededor del 60% de las ciudades europeas con más de 100 000 habitantes (140 millones de personas) se proveen actualmente con agua proveniente de recursos de aguas subterráneas explotadas.
- Las tierras cultivadas en régimen de regadío proporcionan cerca del 40% de la producción actual de cultivos y el 20% de la extracción de aguas subterráneas se emplea en regadíos, pero se cree que entre el 15 y el 35% del consumo para regadío es insostenible.

Aunque existen muchas cuestiones sobre el manejo del agua que tienen impacto sobre la salud humana (Ramsar, 2008).

### **2.3. Cuenca hidrográfica**

Bahamondes y Gaete (2000), sostienen que una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida, cuya forma es semejante a la superficial. En términos generales, una cuenca hidrográfica es el espacio geográfico donde fluye un canal o cauce principal y que es delimitado por la línea divisoria de aguas. Está constituida de una red de drenaje donde la forma dendrítica es la más común.

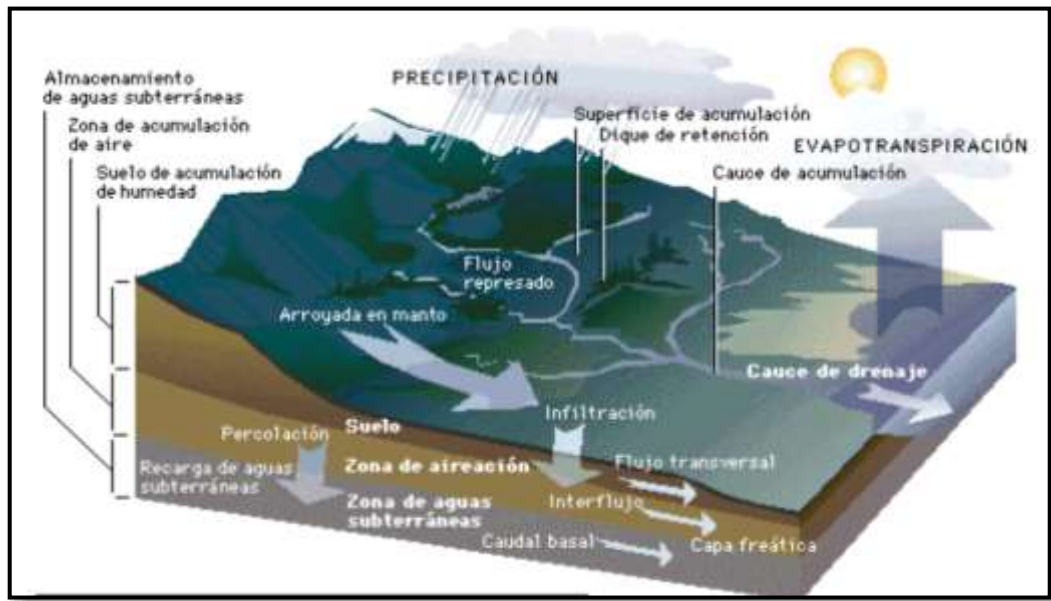
Gómez (2009) pp. 29 – 30 que la cuenca se subdivide en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

- **Zona de cabecera de las cuencas hidrográficas.** Garantizan la captación inicial de las aguas y suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad.

En este contexto, los bosques en las cabeceras de las cuencas cumplen una importante función reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y protegen a los suelos de ser erosionados por el agua con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas.

- **Zonas de cabecera y captación.** Las vertientes son las áreas de captación y se constituyen como las zonas más estratégicas de la cuenca, dado que en ellas la susceptibilidad del fenómeno de la erosión es altamente significativo, y el mantenimiento de una cubierta vegetal protectora de calidad, es definitivamente indispensable para el equilibrio de los valles. Por lo que la prosperidad de la región hidrológica dependerá en principio de la adecuada planificación del uso de las vertientes.
- **Zonas de emisión de los acuíferos.** Las lagunas costeras regulan el funcionamiento de los ecosistemas marinos adyacentes. Los manglares están considerados entre los ecosistemas más productivos y la actividad socioeconómica asociada a los mismos abarca actividades forestales, pesqueras, turístico – recreativas y otros.

**Figura 2.** Partes de la cuenca



Fuente: Rodríguez (2008)

### 2.3.1. Cuenca como sistema

Umaña (2002) señala que la cuenca la conforman componentes biofísicos como el agua, los suelos biológicos como la flora y la fauna y antropocéntricos que se refieren a las actividades socioeconómicas y culturales que desarrolla el hombre como principal actor. Todos estos componentes están interrelacionados y deben de estar en equilibrio ya que al afectarse uno de ellos pone en peligro todo el sistema. (p.4)

Esto significa que es necesario estudiar y conocer cada uno de estos componentes pero la mejor manera es hacerlo considerando todo el sistema que en este caso es la cuenca. Por otro lado, de los recursos naturales que se tienen en la cuenca, unos pueden ser renovables (el agua, la biodiversidad, el suelo agrícola) siempre que pueden reemplazarse por vía natural o mediante la intervención humana; pero también pueden ser no renovables cuando no se pueden reemplazar en un período de tiempo significativo (Umaña, 2002, p.4)).

Turcios y Bonilla (2011) manifiesta que las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas

que intercambian energía y materia con las zonas circundantes. La medición y análisis cuantitativo de sus características hidrográficas se denomina morfometría de la cuenca. Por este motivo, la cuenca representa la unidad fundamental empleada en hidrología, la ciencia que se ocupa del estudio de las diferentes aguas en el medio ambiente natural. Constituye uno de los rasos principales del paisaje, cuyo proceso de formación en la mayoría de los continentes está determinado por la erosión fluvial y el transporte y deposición de sedimentos. Ésta es la razón por la que las cuencas también son la unidad básica de estudio de la geografía física. (p. 12)

### **2.3.2. Morfometría de las cuencas**

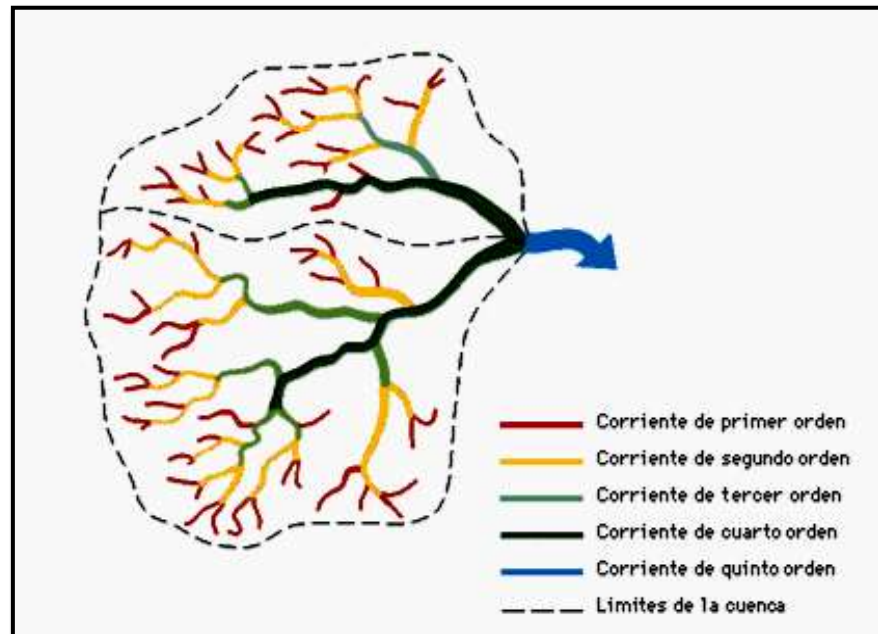
Vizcarra y Cherres (2008) sostienen que el esquema de órdenes de corrientes, el primer método cuantitativo de análisis de las redes de drenaje, fue desarrollado a principios de la década de 1940 por el ingeniero hidráulico e hidrólogo americano Robert Horton. Las corrientes fluviales son clasificadas jerárquicamente: las que constituyen las cabeceras, sin corrientes tributarias, pertenecen al primer orden o categoría; dos corrientes de primer orden que se unen forman una de segundo orden, que discurre hacia abajo hasta encontrar otro cauce de segundo orden para constituir otro de tercera categoría y así sucesivamente.

Vizcarra y Cherres (2008) también manifiestan que consecuentemente Horton estableció unas leyes o principios sobre la composición de las redes de drenaje relacionadas con los órdenes de las corrientes y otros indicadores asociados, tales como la longitud de los cursos fluviales y su número. Sin embargo, las leyes de Horton han sido criticadas en los últimos años porque se apoyaban en una aproximación estadística que no tenía su base en la manera de discurrir naturalmente el agua y la formación de canales.

Según Vizcarra y Cherres (2008) las características de una cuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico pueden representarse cuantitativamente mediante índices de la forma y relieve de la cuenca y de la

conexión con la red fluvial. Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar cuencas de diferentes tamaños.

**Figura 3.** Representación esquemática del orden de las corrientes



Fuente: Fuente: Vizcarra y Cherres (2000)

### 2.3.3. Cuenca como unidad de gestión ambiental

Rodríguez (2008) sostiene que la cuenca constituye la principal unidad territorial donde el agua, proveniente del ciclo hidrológico, es captada, almacenada, y disponible como oferta de agua. Con frecuencia las cuencas hidrográficas poseen no solo integridad edafológica – biológica e hidroclimática sino que, además, ostentan identidad cultural y socioeconómica, dada por la misma historia del uso de los recursos naturales. En el ámbito de una cuenca se produce una estrecha interdependencia entre los sistemas bio – físicos y el sistema socio – económico, formado por los habitantes de las cuencas, lo cual genera la necesidad de establecer mecanismos de gobernabilidad.

Por esta razón, la cuenca hidrográfica puede ser una adecuada unidad para la gestión ambiental, a condición de que se logren compatibilizar los intereses de los habitantes de sus diferentes zonas funcionales y las actividades productivas

de las mismas. El proceso de implementación de las políticas que garanticen la conservación de los recursos y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población en las cuencas hídricas, es la gestión ambiental (Rodríguez, 2008).

#### **2.3.4. Manejo integrado de cuencas**

Umaña (2002) indica que el manejo de cuencas se refiere a la gestión que el hombre realiza a nivel de la cuenca para aprovechar, proteger y conservar los recursos naturales que le ofrece, con el fin de obtener una producción óptima y sostenida para lograr una calidad de vida acorde con sus necesidades. Las actividades que realizan el hombre y sus actitudes, constituyen el eje del manejo de la cuenca es decir, que dependiendo del comportamiento del hombre, una cuenca estará bien o mal manejada. (p. 7)

Praus *et al.* (2005), sostiene que las cuencas son espacios socio geográficos donde las personas y sus organizaciones comparten el territorio, sus identidades, tradiciones y culturas, socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos. Es un proceso iterativo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca hidrográfica, que permite hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo, con miras a conducir al desarrollo económico, social y cultural de la cuenca a partir del uso sustentable de sus recursos naturales.

### **2.4. Microcuenca hidrográfica**

Una microcuenca hidrográfica, al igual que la cuenca, es una unidad física determinada por la línea divisora de las aguas, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río, arroyo o vegas. (Bahamondes y Gaete, 2000).

FAO (s/f) afirma que la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes (agua, servicios básicos, Infraestructura, organización, entre otros.). (p .2)

Cabe destacar que en la microcuenca ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias directas e indirectas de los recursos de la cuenca) y ambientales (vinculados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores). Por ello, la planificación del uso y manejo de los distintos recursos en la microcuenca debe considerar todas estas interacciones (FAO, s/f, p. 2).

#### **2.4.1. La microcuenca como unidad hidrológica**

Bahamondes y Gaete (2000) manifiestan que una microcuenca hidrográfica es una unidad topográfica/hidrológica de terreno que es drenada por una misma corriente de agua. Las características de esta corriente en gran parte determinadas por el uso y manejo de la tierra y la cobertura vegetal. Todas las actividades desarrolladas por el hombre en una microcuenca están relacionadas por el ciclo del agua. El manejo de los suelos, el agua y los cultivos realizados en las partes más altas de la microcuenca tendrán a su vez importantes repercusiones sobre los recursos suelo y agua de los predios ubicados aguas abajo.

Un manejo que promueva buenas prácticas agrícolas en toda la microcuenca, incrementará la estabilidad y productividad de la misma y mejorará la regularidad del flujo de los cursos de agua durante el año. Ayudando a reducir las fuertes alzas de caudal, como también la severidad de las inundaciones. Por otro lado, podrá asegurar una mayor disponibilidad de agua, en los periodos de escasez de lluvia. La cobertura vegetal tiene gran importancia en el manejo del agua y el escurrimiento superficial de la microcuenca. A mayor

cobertura el agua es retenida por más tiempo sobre el suelo, favoreciendo su infiltración, lo que implica que se reduce la escorrentía superficial, y por ende aumenta la disponibilidad del agua en el perfil del suelo, mejorando la recarga de las napas subterráneas (Bahamondes y Gaete, 2000).

Si bien es cierto que el aumento de la cobertura vegetal viva implicará un mayor gasto de agua, porque las plantas la requieren para satisfacer sus necesidades, los beneficios de una buena y equilibrada cobertura asegurarán una mayor protección del suelo y proporcionalmente una mayor retención del total de agua precipitada, que asegurará cierto nivel de ésta en vertientes y arroyos en las épocas secas (Bahamondes y Gaete, 2000).

#### **2.4.2. Dimensión de la microcuenca**

La FAO (s/f) manifiesta que la dimensión de una microcuenca está definida por la naturaleza. Sin embargo, algunas veces hay que hacer ciertos ajustes operativos en función de las capacidades de las instituciones vinculadas con su manejo y desarrollo. Una microcuenca hidrográfica, para fines de planificación con recursos locales, no debe tener más de 700 ha o 100 familias. Como rangos ideales, se recomienda un área de 250 a 350 ha y/o una población entre 50 y 70 familias. En microcuencas mayores o más pobladas no puedan ser trabajadas. En estos casos, se puede hacer ajustes, tomando las siguientes decisiones:

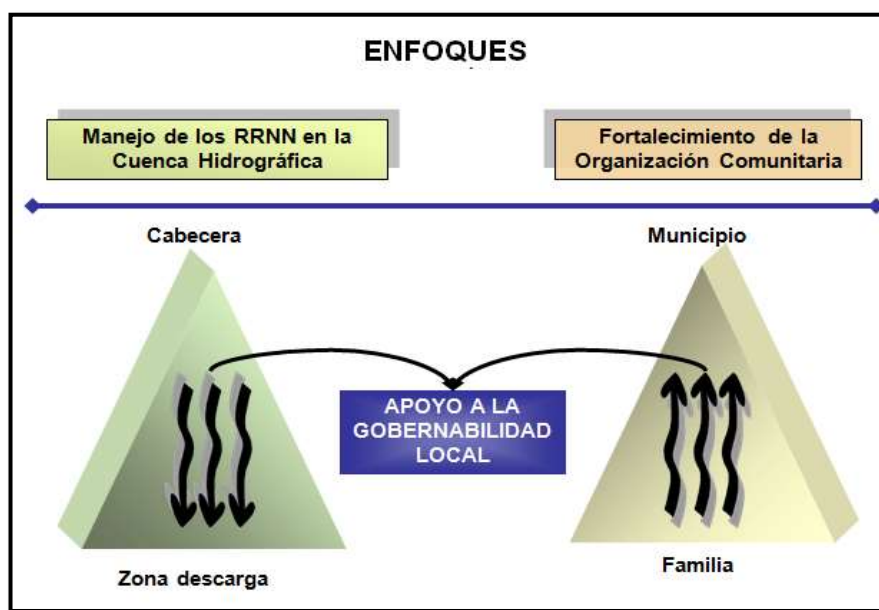
- Aumentar los recursos disponibles (personal de asistencia técnica, logística y recursos financieros) para atender una microcuenca más grande y más poblada.
- Dividir la microcuenca en sectores (por ejemplo, vertiente izquierda o derecha, parte alta, media o baja) y trabajar como grupos separados, pero complementarios y desplazados en el tiempo.

Cuando se trata de microcuencas más pequeñas dos o más de ellas pueden ser atendidas como una sola microcuenca para fines de atención institucional y aumentar el impacto de las acciones. (FAO, s/f, p. 2).

#### 2.4.3. Manejo de microcuencas hidrográficas: Una forma de promover la gobernabilidad

Para dinamizar los municipios, es necesario ofrecer a la población, oportunidades reales para que permanezcan, e inclusive retornen, en sus comunidades de origen por la vía de salarios que compitan otras fuentes de ingreso externas a la finca (FAO, s/f).

**Figura 4.** Forma de promover la gobernabilidad



Fuente: FAO (s/f)

##### 2.4.3.1. Comité gestor de microcuencas.

Los comités gestores de microcuencas, constituyen una herramienta de trabajo a nivel local que permite fortalecer la gobernabilidad sobre territorios definidos por límites naturales; a la vez que ayuda a organizar el trabajo conjunto entre actores endógenos y exógenos que tienen influencia en la dinámica de los recursos naturales. Además, estos comités permiten monitorear los efectos de

los procesos de gestión ambiental en el territorio, en especial sobre el agua y el bosque (FAO, s/f, p. 9).

Por otro lado, el Comité permite monitorear los efectos de los procesos de gestión ambiental en el territorio, en especial sobre el agua. Una razón importante que justifica la existencia de los Comités Gestores de las Microcuencas es la posibilidad de poder anticiparse a los conflictos ambientales y territoriales vinculados con el agua que pueden poner en riesgo la gobernabilidad de los territorios (FAO, s/f, p. 9).

## **2.5. Calidad del agua dentro del contexto en el manejo de cuencas hidrográficas**

Mendoza citado por Córdoba (2002) señala que la calidad del agua se define como las características de las aguas que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico, en otras palabras, la relación entre la calidad del agua y las necesidades del usuario.

En cuanto Rodríguez (2008) indica que la calidad del agua no es un criterio completamente objetivo, pero está socialmente definido y depende del uso que se le piense dar al líquido, por lo que cada uso requiere un determinado estándar de calidad. Por tal razón, para evaluar la calidad del agua se debe ubicar en el contexto del uso probable que tendrá. Las estimaciones cuantitativas de la disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que la calidad del agua en la mayor parte del mundo está lejos de ser la adecuada.

De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud), una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a agua libre de contaminantes, situación que se acentúa en áreas rurales donde no existe la posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general (Rodríguez, 2008).

### **2.5.1. Determinación de la calidad del agua**

Seoáñez citado por Córdoba (2002) afirma que el análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros elementos tienen un origen natural, rocas, suelo y aire. Los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos, depurados o no, a las aguas para su eliminación.

Son precisamente la naturaleza y la cantidad de estos elementos constituyentes los que definen a un agua, los cuales precisan y limitan su empleo para los diversos usos posibles del agua potable, uso doméstico, industrial, agrícola y/o recreativo (Seoáñez citado por Córdoba, 2002).

### **2.5.2. Métodos Físicos – Químicos**

Según Seoáñez citado por Córdoba (2002) los métodos físicos – químicos se basan en el estudio de los factores físico – químicos del agua y se llevan a cabo mediante una toma de muestras de los sistemas acuáticos, con la determinación de sus características físicas y con análisis de sus componentes químicos. Sin embargo, una serie de muestreos físico-químicos en momentos diferentes pueden aportar un panorama del comportamiento de la calidad del agua en el tiempo y espacio, que se pueden realizar a través de métodos de monitoreo químico continuo.

### **2.5.3. Indicadores de la calidad del agua**

Los indicadores ambientales son estadísticas claves seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sostenibilidad de los recursos naturales y las actividades humanas relacionadas. Enfatizan en tendencias en los cambios ambientales, los factores de estrés que causan esos cambios, cómo los ecosistemas y sus componentes están reaccionando a dichos cambios, y en las respuestas de la sociedad para

prevenir, reducir o aminorar los factores de estrés (Environmental Canadá, 1997, citado por Córdoba, 2002).

Los indicadores deben definirse como herramientas para agregar y simplificar la información de una naturaleza compleja de una manera útil y ventajosa. Son instrumentos para apoyar la toma de decisiones, es decir proveen información en relación con el pasado y los posibles impactos futuros. Por lo tanto, un indicador de sostenibilidad es un número o cualidad que pone en manifiesto el estado o condición de un proceso o fenómeno dado en relación con la sostenibilidad. Los indicadores seleccionados para cualquier estudio se definirán en dependencia de los usos actuales y potenciales del agua en la Cuenca (Müller citado por Córdoba, 2002).

#### **2.5.3.1. Temperatura del agua.**

Para Córdoba (2002) la temperatura del agua es la cantidad de calor que posee un cuerpo. A mayor temperatura corresponde a mayor agitación de las moléculas. Las variaciones de temperatura producen fenómenos como la dilatación (aumento) o contracción (reducción) de los cuerpos. Es decir la temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas, las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines diversos, debido a que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.

La temperatura óptima para el desarrollo de la vida bacteriana está en el rango de 25° a 35° C, indicando así mismo que los procesos de digestión aerobia y nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores del orden de los 50° C (Córdoba, 2002).

Davis y Cornwell (1998), manifiestan que la temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad de agua, como el pH, el déficit de oxígeno, la

conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. La elevación de la temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) e incrementa, en general, la solubilidad de las sales. También, aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando, de esta manera, la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 15°C.

#### **2.5.3.2. Conductividad Eléctrica.**

Córdoba (2002) indica que la conductividad eléctrica, es una medida de la capacidad como muestra de transmitir la corriente eléctrica. El aumento de la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad, razón por la cual, el valor de la medida de conductividad es usado con frecuencia como parámetro sustituto de la concentración de sólidos totales.

Para Arellano (2014) la conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio, por esta razón el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

Es decir, la conductividad eléctrica en las aguas se la puede correlacionar con la cantidad de sólidos totales ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. Para las aguas de irrigación la conductividad eléctrica expresa salinidad, la presencia de cantidades considerables de sales en las aguas puede afectar la vida acuática (Córdoba, 2002).

**Tabla 1.** Escalas de conductividad para los diferentes tipos de agua

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| Agua ultra pura        | 0,055 $\mu\text{S/cm}$     |
| Agua destilada         | 0,5 $\mu\text{S/cm}$       |
| Agua de montaña        | 1,0 $\mu\text{S/cm}$       |
| Agua doméstica         | 500 a 800 $\mu\text{S/cm}$ |
| Max. Para agua potable | 1055 mS/cm                 |
| Agua de mar            | 56 mS/cm                   |
| Agua salobre           | 100 mS/cm                  |

**Fuente:** Aguirre (2011)

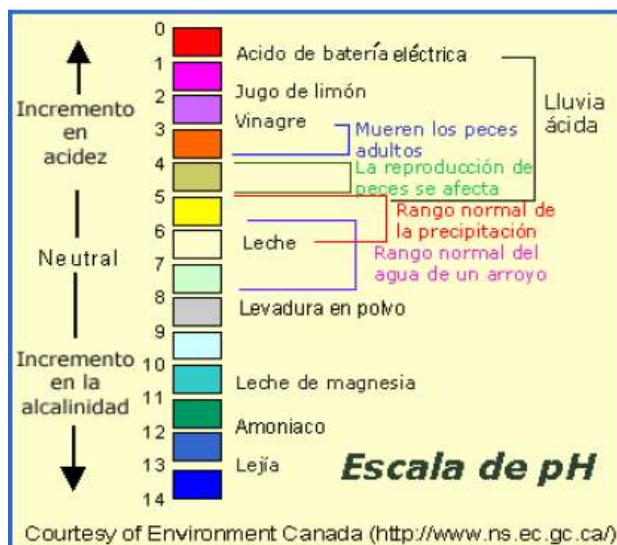
### **2.5.3.3. Potencial de Hidrógeno.**

Para Córdoba (2002) el potencial de hidrógeno es una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas. Por definición el pH de una solución es igual al logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno en la solución.

Consecuentemente Tubay (2014) indica que la concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad del agua de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentración adecuado para la apropiada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico.

El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presentan dificultades de tratamiento a través de procesos biológicos, por lo tanto de no corregir el pH de las aguas residuales, estas pueden modificar la concentración del ion hidrógeno en las aguas naturales, con los consiguientes inconvenientes para los ecosistemas presentes (Córdoba, 2002).

**Figura 5. Escalas de pH**



**Fuente:** Aguirre (2011)

Davis y Cornwell (1998) citado por Torres (2009) coincide con Córdoba (2002), en que el pH es un indicador de la acidez o basicidad de una sustancia y se define como la concentración del ión hidrógeno en el agua.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. Ésta disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. El resultado de una medición de pH está determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $\text{H}^+$ ) y el número de iones hidróxido ( $\text{OH}^-$ ). Cuando el número de protones iguala al de iones hidróxido, el agua es neutra y tendrá entonces un pH de 7. El pH del agua puede variar entre 0 y 14 (PREQB, 2004 citado por Torres, 2009, p. 27).

Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, se cataloga como básica, mientras que si está por debajo de 7, se denomina como ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución. Su valor define, en parte, la capacidad de autodepuración de una corriente y, por ende, su contenido de materia orgánica (DQO, DBO), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados. También, es una propiedad de carácter química de vital importancia para el desarrollo de la vida

acuática ya que tiene influencia sobre ciertos procesos químicos y biológicos. El estándar de calidad de agua para el pH, según la JCA, está entre 6.0 – 9.0 para el uso designado SD (PREQB, 2004 citado por Torres, 2009, p. 27).

#### **2.5.3.4. Oxígeno Disuelto.**

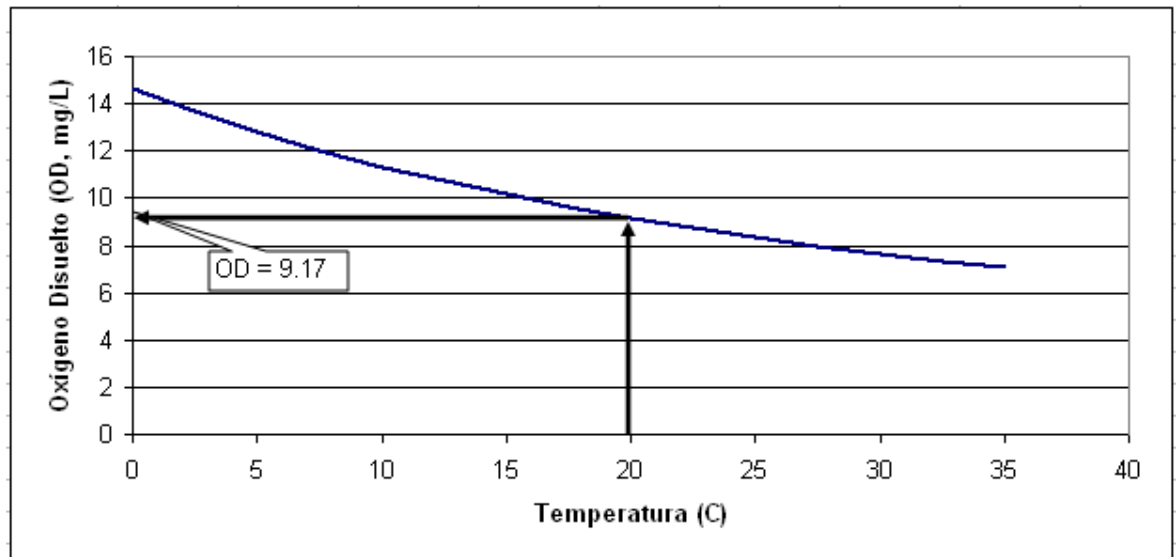
Peña (2010) manifiesta que el oxígeno disuelto, es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. El oxígeno disuelto es un gas que es consumido por la actividad química y biológica de los microorganismos presentes en el agua, la mayor parte proviene de la atmósfera, las algas y plantas acuáticas también producen oxígeno por medio de la fotosíntesis.

El oxígeno depende de muchos factores como la temperatura, altitud, movimiento de la corriente, actividad biológica y química. Es esencial para el mantenimiento de lagos y ríos saludables, la presencia de este es una señal positiva y la ausencia del mismo es señal de una fuerte contaminación. El factor principal que contribuye a los cambios en los niveles de oxígeno disuelto es la acumulación de desperdicios orgánicos y desperdicios de plantas y animales, y el excremento de los mismos. También debido a la acción fotosintética los niveles de oxígeno disuelto aumentan en las horas de luz y disminuye en la noche (Peña, 2010).

PREQB (2004) citado por Torres (2009) hace referencia que si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire, del producto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y también podría resultar de la turbulencia en las corrientes debido a que el oxígeno en el aire que queda atrapado bajo el agua en movimiento rápido se disuelve en ésta. Otro factor que, además, puede afectar la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua es la temperatura. El agua fría guarda más oxígeno que la caliente. La

siguiente gráfica ilustra la relación inversa que existe entre la temperatura y el oxígeno disuelto. (p. 26)

**Figura 6.** Relación entre el Oxígeno Disuelto y la Temperatura



Fuente: Torres (2009)

El oxígeno disuelto en el agua no se clasifica como un contaminante. Sin embargo, su escasez o exceso puede traer condiciones no favorables al agua, por lo que es un indicador de la contaminación. La escasez de oxígeno disuelto en agua es lo que crea más problemas ya que pueden aumentar los olores y sabores como consecuencia de la descomposición anaeróbica (PREQB, 2004 citado por Torres, 2009, p. 26).

**Tabla 2.** Rangos de oxígeno disuelto y su importancia para la vida acuática

| OD = 7 -10                                                                    | Baja en OD                                                                                 | OD = 0                                                                                                               | Alza en OD                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Mg/L<br>Población diversificada de peces mariposas, caracoles, insectos, etc. | Aumento en bacterias, peces tóxicos:<br>OD = 1Mg/L<br>Lombrices de lodos:<br>OD = 0,5 Mg/L | Putrefacción, mal olores, solo bacterias color negro anaeróbicas. Muerte de peces y organismos acuáticos superiores. | Purificación natural. Aumento en población de peces, etc. |

Fuente: Aguirre (2011)

#### 2.5.4. Muestreos y análisis del agua

PRODIA, citado por Córdoba (2002) señala que para caracterizar la calidad del agua de los ríos define los tres tipos de muestreos en:

- **Muestras simples.** Esta puede tomarse de dos maneras diferentes, acorde al objetivo del estudio a efectuar. La primera es aquella colectada en un lugar, tiempo y profundidad determinados y luego analiza. Se le denomina también instantánea o de sondeo; representa la composición de la fuente en ese momento y lugar.

La segunda es aquella a lo largo de una profundidad determinada en la columna de agua y en lugar y tiempos establecidos; este último tipo de muestreo es catalogado como muestreo en “Estación fija o Puntual”, es decir un monitoreo en estación fijas y con intervalos fijos de tiempo, las ubicaciones de las estaciones de muestreo se determinan según los objetivos de la evaluación, conocimiento de los factores que afectan las condiciones de calidad de agua en cada cuenca hidrográfica y lo adecuado y accesible de los lugares para muestreo.

Se utiliza un enfoque no estadístico para localizar sitios, que se seleccionan en desembocaduras de los principales ríos tributarios y en puntos de la corriente principal, responsable de los embalses por el mayor porcentaje de escorrentía de la cuenca, aguas arriba y aguas debajo de los embalses, en áreas urbanas, drenajes agrícolas y otras áreas que afectan significativamente la calidad del agua.

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

- **Muestras compuestas o compensadas acorde al caudal.** En ellas el volumen de las muestras simples, es proporcional al caudal que circula en el instante de la extracción

## **2.6. Balance hídrico de una cuenca**

El balance hídrico evalúa la cantidad de agua que realmente se evapora del suelo y transpiran las plantas en un lugar determinado, así como la cantidad de agua almacenada por el suelo. Por lo tanto, el balance hídrico es el sistema por el cual se comparan la cantidad de agua que ingresa (precipitaciones) y la cantidad que egresa (evapotranspiración potencial) y, consecuentemente la cantidad de agua que permanece en un determinado volumen de suelo durante el periodo de crecimiento de un cultivo (Basantes, 2010).

Para Bahamonde y Gaete (2000) una cuenca y en general cualquier subsistema hidrológico: subcuenca, tramo de un río, subregión, otros, puede describirse y analizarse por medio de un balance hídrico o hidrológico. Para los autores antes citados en los párrafos anteriores los bosques nubosos de montaña constituyen un tipo de ecosistema en el que el papel activo del bosque en el ciclo hidrológico resulta más prominente. Además de las lluvias normales, estos bosques condensan agua directamente del viento o de las nubes arrastradas por la conectividad. Estos ecosistemas son comunes en las cordilleras montañosas del interior, especial, pero no exclusivamente, en los trópicos.

Es decir, bosques montañosos también están presentes en las cordilleras costeras de algunos países del Mediterráneo y en pequeñas islas oceánicas. La interceptación del agua de las nubes y de la niebla aumenta significativamente la disponibilidad de agua para el bosque y también aguas abajo. A este respecto, la deforestación de los bosques de montaña puede afectar gravemente al ciclo hidrológico de los paisajes circundantes, puesto que los otros tipos de vegetación no tienen la estructura adecuada para interceptar la humedad de las nubes y de la niebla. En estas condiciones la reforestación de

las cimas y laderas de la montaña pueden restablecer este ciclo hidrológico tan peculiar. Es más, la modelización ha demostrado que la deforestación de las tierras bajas puede causar elevación orográfica de las nubes, llevando a cambios en la intercepción del agua de nubes por parte de la vegetación montaña (Bahamonde y Gaete, 2000).

Molina y Espinoza (2005) indican que se entiende por balance hídrico de cuenca a la evaluación de las entradas y salidas de agua en un hidrosistema natural llamado cuenca hidrográfica. El balance hídrico tiene su fundamento en el principio de conservación de la masa. Las mediciones de cada uno de los parámetros que intervienen en el balance se efectúan en forma separada y por diferentes medios de observación, es que surgen errores sistemáticos. Estos errores se traducen en el término de discrepancia, el cual no es más que un indicador de la calidad con que cada uno de los componentes se ajusta a la ecuación del balance.

El conocimiento de la evaporación potencial de un lugar, del que se tienen registros de precipitación, permite establecer su balance hídrico anual. En esta forma es posible conocer la cantidad de agua que realmente se evapora desde el suelo y transpiran las plantas en ese lugar, la cantidad de agua almacenada por el suelo y la que se pierde por derrame superficial y profundo.

Como la evapotranspiración y la precipitación son dos elementos climáticos independientes, su marcha anual difícilmente coincide en un mismo punto de la tierra, por lo que en algunos lugares existen períodos en los cuales la necesidad de agua está ampliamente satisfecha por las lluvias y otros en los que se carece de las cantidades de agua requerida.

De esta manera, habrá meses con agua suficiente y meses en que se registre exceso o deficiencia de agua en forma manifiesta. También pueden ocurrir casos extremos en que durante todo el año las precipitaciones sobrepasen las necesidades de agua o viceversa. Para calcular el balance hídrico medio anual

de una localidad, se consideran la evapotranspiración potencial ajustada y la precipitación.

Arumí *et. al.* (2012) sostiene que un análisis del balance hídrico debe evaluar variables hidrológicas como: la precipitación, interceptión, evaporación, evapotranspiración, infiltración, escorrentía (superficial y subsuperficial), almacenamiento (tanto superficial como subterráneo) y el uso del agua.

Sin embargo, estos datos no siempre están disponibles, dificultad que pueda suplirse en parte gracias a los modelos de simulación hidrológica (empíricos o mecanicistas) que sean capaces de proyectar variaciones detalladas del balance hídrico a lo largo de varios años. No obstante, siempre resultan necesarios datos reales provenientes de cuencas hidrológicas monitorizadas a largo plazo (Arumí *et. al.*, 2012).

### **2.6.1. Descripción de componentes del balance hídrico**

#### **2.6.1.1. Precipitación.**

La precipitación es, normalmente, el único flujo de entrada a la cuenca. En los climas de tipo mediterráneo la precipitación muestra una alta variabilidad interanual y una fuerte estacionalidad con episodios de alta intensidad en la estación lluviosa. A partir de los registros de precipitación mensual se hace una interpolación espacial con herramientas geoestadísticas obteniéndose un archivo semejante a una malla rectangular (grilla). Una vez generado este archivo se obtiene el valor en cada una de las celdas de la malla (Arumí *et al.*, 2012).

Para García *et al.* (2003) la precipitación horizontal, es el agua que cae en forma de niebla que condensa al entrar en contacto con la vegetación, adquiere importancia en aquellos lugares cubiertos con masas boscosas y con frecuencia de días con neblina; no obstante su importancia, el valor de esta precipitación no se cuantifica en las estaciones climáticas por lo que debe

medirse en campo o estimarse mediante modelos que relacionen las variables que confluyen en la presencia de este fenómeno.

#### **2.6.1.2. Escorrentía.**

Si la cuenca en estudio actualmente no posee una estación de cierre, por lo cual se hace necesario realizar una transposición de caudales desde estaciones insertas en la cuenca que presenten comportamiento hidrológico similar y cuyos datos estadísticos sean confiables (Arumí *et al.*, 2012).

#### **2.6.1.3. Evapotranspiración Potencial (ETP).**

HIDROMET (2009) afirma que la Evapotranspiración Potencial (ETP) es un importante elemento del balance hídrico por cuanto determina las pérdidas de agua desde una superficie de suelo en condiciones definidas. La cuantificación de las pérdidas es indispensable para el cálculo de la capacidad de agua disponible en el suelo utilizada por las plantas para su crecimiento y producción.

En contraste con la lluvia, permite establecer las necesidades de riego o drenaje en una región determinada constituyéndose en esta forma en variable indispensable en los estudios de ordenamiento y clasificación agroclimática de las regiones donde están ubicadas las estaciones meteorológicas HIDROMET, 2012).

Para la determinación de la evapotranspiración de referencia se posee información de viento, evaporación de bandeja, horas de sol, humedad relativa, temperaturas máximas, medias y mínimas. Sin embargo, la única información que posee un grado aceptable de confianza y datos suficientes por años, son los de temperatura (Arumí *et al.*, 2012).

Para Birot *et al.* (2010) a pesar de tratarse de un componente menor del balance hídrico de las cuencas, las salidas por los cursos de agua (agua azul)

juegan un papel primordial en el suministro de agua río abajo a las poblaciones urbanas, a la industria y a la agricultura.

García *et al.* (2003) sostienen que la ETP se trata de un parámetro de difícil cuantificación, sobre todo por la ausencia de estaciones que midan estos parámetros en campo, por lo que resulta necesario deducir, en primer lugar, el valor de la evapotranspiración potencial (ETP) mediante fórmulas empíricas. Una vez calculada la ETP, y tomando en consideración las características de la cubierta vegetal, las peculiaridades climáticas y las posibles variaciones de la reserva de agua en el suelo, es posible estimar el valor de la ET.

### **2.6.2. Importancia de los bosques en el balance hídrico**

Según Birot *et al.* (2010) que las plantas y sobre todo los árboles, captan parte de las precipitaciones que se vuelven a evaporar directamente, incluso antes de llegar a suelo. La tala de árboles y su sustitución por cultivos (deforestación) aumenta la velocidad y la cantidad de agua de lluvia que llega al terreno con la consiguiente erosión puntual de los suelos y el riesgo de inundaciones.

Es por eso que los bosques sostienen el ciclo hidrológico a través de la evapotranspiración, que enfría el clima realimentando las nubes y la precipitación; los modelos de simulación a gran escala demuestran la regulación biogeofísica del clima por parte de la vegetación a través de la reflectividad, flujos turbulentos y otros efectos sobre el ciclo hidrológico (Birot *et al.*, 2010).

Los bosques de ribera juegan un papel principal en el mantenimiento de la biodiversidad, la regulación de los flujos de energía y nutrientes entre los medios acuático y terrestre y en el mantenimiento saludable de los ecosistemas acuáticos adyacentes y los recursos hidrológicos. Los bosques de ribera afectan al balance hídrico anual reduciendo la descarga hídrica. Los bosques de ribera actúan como filtro de los agentes contaminantes y mejoran la calidad del agua. La gestión de los bosques de ribera constituye una herramienta para

mejorar la calidad del agua y para proteger los hábitats de la ribera y el río una necesidad en los vulnerables entornos mediterráneos pero un tema político que se suele pasar por alto (Biro *et. al.*, 2010).

Stadtmuller (1987), Hamilton *et al.* (1995), Bruijnzeel y Hamilton (2000) citados por García *et al.* (2003), coincide con los autores antes mencionados en que los bosques de niebla o bosques nublados, de ecosistemas montañosos o de lomas en los cuales se concentra el aire cargado de humedad movido por los vientos, la humedad atmosférica se condensa y el agua cae al suelo desde el follaje aumentando en forma importante su dotación para los procesos hidrobiológicos. Este proceso llamado también precipitación horizontal puede llegar a aportar hasta 100% más de agua disponible al suelo.

Biro *et. al.* (2010) coincide con lo manifestado por Gracia *et. al* (2003), que bosques nubosos de montaña constituyen un tipo de ecosistema en el que el papel activo del bosque en el ciclo hidrológico resulta más prominente. Además de las lluvias normales, estos bosques condensan agua directamente del viento o de las nubes arrastradas por la convectividad. Estos ecosistemas son comunes en las cordilleras montañosas del interior, especial, pero no exclusivamente, en los trópicos.

Es decir, bosques montañosos también están presentes en las cordilleras costeras de algunos países del Mediterráneo y en pequeñas islas oceánicas. La interceptación del agua de las nubes y de la niebla aumenta significativamente la disponibilidad de agua para el bosque y también aguas abajo. A este respecto, la deforestación de los bosques de montaña puede afectar gravemente al ciclo hidrológico de los paisajes circundantes, puesto que los otros tipos de vegetación no tienen la estructura adecuada para interceptar la humedad de las nubes y de la niebla. En estas condiciones la reforestación de las cimas y laderas de la montaña pueden restablecer este ciclo hidrológico tan peculiar. Es más, la modelización ha demostrado que la deforestación de las tierras bajas puede causar elevación orográfica de las nubes, llevando a cambios en la interceptación del agua de nubes por parte de la vegetación

montaña (Biro *et. al.*, 2010 coincide con lo manifestado por Gracia *et. al.*, 2003).

## **2.7. Planes de manejo de cuencas**

Los planes de manejo de cuencas en el contexto global, se conceptualizan como instrumentos, directrices para ordenar las acciones que requiere una cuenca hidrográfica, para lograr un uso sostenible de sus recursos naturales. El diseño del plan de manejo de cuencas, requiere de una formulación técnica, enfoque, luego definir el modelo que le corresponde y finalmente el proceso técnico y social para definir las actividades (PNUMA, 2005).

Un proceso importante al inicio de la planificación es identificar el objetivo del manejo de la cuenca, subcuenca o microcuenca. Esta información se obtiene del diagnóstico. La efectividad de la planificación como proceso es amplia y diversa, se han elaborado planes de manejo para diferentes propósitos, con diversos enfoques, componentes y necesidades de recursos, muchos han involucrado grandes áreas y el detalle del diseño a veces no ha logrado ser muy específico. El proceso tradicional ha sido normativo, ordenador, bajo criterios técnicos y con poca base social (PNUMA, 2005).

Por consiguiente PNUMA (2005) indica que el enfoque metodológico, debe expresar la visión prospectiva para solucionar los problemas, el equipo de trabajo interdisciplinario y de participantes locales, debe integrar y correlacionar la información con el conocimiento de la realidad. La formulación técnica consiste en desarrollar el paso de un modelo de estado al modelo de soluciones, este paso es estratégico y orienta las decisiones técnicas del planificador, considerando:

- Gestión administrativa, bajo una eficiente organización que permita el ordenamiento territorial e institucional para apoyar las acciones del plan.
- Visión integral, involucrando a todos los sectores y actores.

- El plan debe ser único, no habrá duplicidad ni competencia.
- Carácter dinámico y continuo.
- Proyectivo, para establecer logros en plazos diferentes.
- Horizonte definido en función de demanda, oferta, tiempo.
- Modelos típicos; protección, conservación, rehabilitación, uso múltiple, aprovechamiento.

Lo importante en el diseño de cualquier programa, plan o proyecto de manejo de cuencas es equilibrar todas estas opciones. Los expertos en el tema deberán ser por lo tanto, cautos antes de emitir sus opiniones en las discusiones sobre definiciones de aprovechamiento, manejo, ordenamiento etc., de cuencas. Deben abordar el tema desde una perspectiva que les permita percibir las variadas tendencias descritas con el fin de tener capacidad para integrar y sintetizar dichas tendencias con algún calificativo hasta que se adopte una definición consensual para la zona, región o país (PNUMA, 2005).

Desde el punto de vista técnico toda acción de manejo de cuencas se hace con fines de tener un impacto ambiental positivo. Desde este punto de vista no se podría hablar de estudiar los impactos ambientales negativos de un proyecto de manejo de cuencas a no ser que se haga un estudio de los efectos colaterales negativos originados al aplicar una medida de protección, conservación o preservación (PNUMA, 2005).

### **2.7.1. Metas a alcanzar en un plan de manejo de una cuenca**

Según Faña citado por Malacátos (2012), las más importantes metas a alcanzar en un plan de manejo de una cuenca hidrográfica se pueden dividir en dos grupos:

- Las que tienen por objeto el aprovechamiento racional de los recursos que se encuentran y que pueden desarrollarse en dicha cuenca.

- Las que pretenden garantizar la protección y la conservación de ellos (con niveles de protección definidos).

El mismo autor señala que todo plan de manejo debe contener evaluación de la información y diagnóstico donde se incluya:

- **Características Físicas.** Estudios topográficos, suelos, geología, hidrología y clima.
- **Aspectos socioeconómicos.** Tasa de incremento de la población, tasa de desempleo y fuerza de trabajo disponible, régimen de tenencia de la tierra, cronología y niveles de educación, desarrollo de explotaciones agrícolas.
- **Zonas o usos de la tierra.** Usos agrícolas, silvopastoriles, forestales, mineros, áreas de humedales, áreas de vegetación natural, áreas urbanas, áreas degradadas.
- **Diagnóstico de los problemas.** Problemas de origen físico, socioeconómico, uso de la tierra.

## **CAPÍTULO III**

### **Metodología de la Investigación**

### 3.1. Materiales y metodología

#### 3.1.1. Caracterización del lugar

##### 3.1.1.1. Ubicación geográfica.

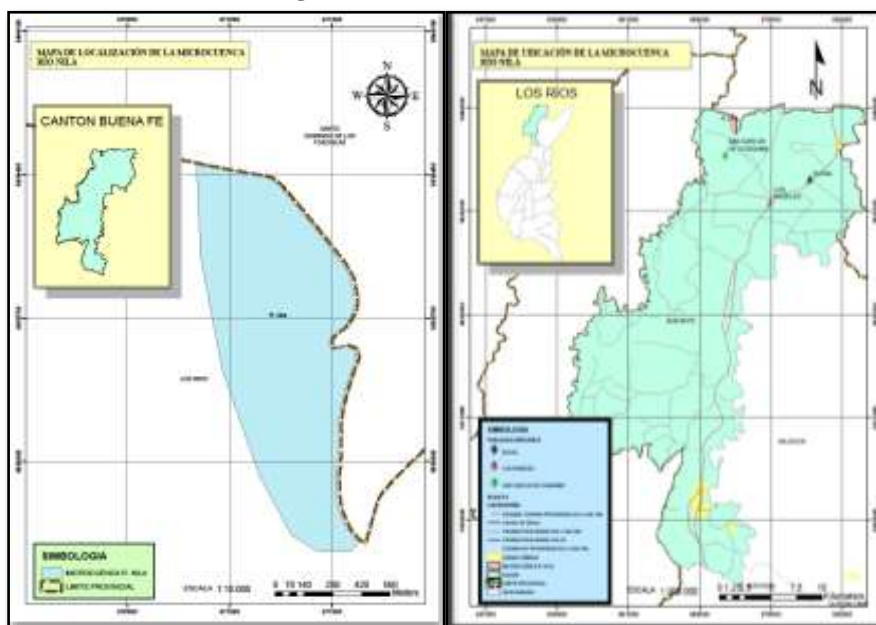
La microcuenca Río Nila se encuentra localizada en la parroquia Patricia Pilar del cantón Buena Fé, en las cooperativa 12 de Octubre, Rcto. San Fernando y Carlos Julio. El área de estudio está ubicada entre las coordenadas UTM 671309; 9940053. La microcuenca Río Nila abarca una extensión de 4200,00 has (42 Km<sup>2</sup>).

**Tabla 3.** Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas UTM

| PUNTO DE MUESTREO | COORDENADAS UTM WGS 1984 |         | LUGAR               |
|-------------------|--------------------------|---------|---------------------|
| P1 (Aguas arriba) | 671544                   | 9937850 | Rcto. San Fernando  |
| P2 (en medio)     | 671593                   | 9938935 | Coop. 12 de Octubre |
| P3 (Aguas abajo)  | 670835                   | 9939448 | Coop. 12 de Octubre |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 7.** Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.2. Características Climáticas.

**Tabla 4.** Características climáticas<sup>1</sup>

| VARIABLES                 | VALORES                  |
|---------------------------|--------------------------|
| Altitud                   | 103,478 msnm             |
| Precipitación media anual | 1998 mm/año              |
| Temperatura media anual   | 24,3 – 24,10°C           |
| Humedad relativa          | 82 – 90%                 |
| Heliofanía                | 1000 horas luz en el año |
| Evaporación               | 103 mm/mes               |
| Zona de vida              | bh-T                     |

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Materiales de oficina

- Bolígrafos
- Cartas geográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50000
- Computador
- Flash memory
- Hojas de papel formato A<sub>4</sub>
- Impresora
- Internet
- Scanner
- Software ARC GIS

---

<sup>1</sup>Datos registrados en la Estación Meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMI), ubicada en la Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP).

### **3.2.2. Materiales de campo**

- Botas
- Cámara fotográfica
- Cintas métricas
- Envases de vidrio de 500 ml
- Flotadores
- Gorra
- GPS
- Hielera
- Libreta de campo
- Machete
- Piola
- Reloj cronométrico

### **3.2.3. Materiales de laboratorio**

- Conductímetro
- Oxímetro
- Potenciómetro
- Termómetro
- Turbidímetro
- Vaso de precipitación de 500 ml

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Caracterización socioeconómica**

Los aspectos socioeconómicos de la microcuenca de estudio se caracterizaron mediante la recopilación de datos socioeconómicos, para obtener dicha información se aplicó un cuestionario dirigido a los moradores de área de influencia.

El cuestionario contó con 15 ítems, de los cuales 4 de ellos están relacionados con a los aspectos socioeconómicos de los pobladores que habitan o trabajan cerca de la microcuenca. Para identificar los criterios de los moradores y establecer la relación entre el entorno y sus habitantes.

#### **3.3.2. Caracterización de las condiciones biofísicas del área de influencia a la microcuenca**

Para determinar la caracterización biofísica de la microcuenca Nila, se tuvo en consideración varios parámetros:

**Recurso suelo (geología y geomorfología):** Para la caracterización de este factor se basó en la revisión de documentos y del mapa morfopedológico del Ecuador escala 1:1'000.000 (PRONAREG – ORSTON – MAG).

**Recurso Agua:** La caracterización de este factor se basó en la revisión de documentos y análisis de información necesaria.

**Flora y fauna:** El levantamiento faunístico y de flora se realizó mediante la observación directa, recorridos durante la fase de campo y entrevista a los pobladores de la localidad.

### 3.3.3. Modelo matemático de la precipitación

El modelo de precipitación se estableció en base a la variación de la precipitación con la altitud, como modelo ortogonal (polinómico) de tercer orden, para esto se empleó datos históricos de las estaciones meteorológicas: Pichilingue, El Vergel, San Juan La Maná, Puerto Ila y La Concordia. Los datos de las estaciones meteorológicas no estaban completos para lo cual se rellenaron las series de datos y finalmente se obtuvo el modelo matemático mediante una línea de tendencia.

El modelo a emplear es de la siguiente forma:

$$PP = AX^2 + BX + C$$

**Dónde:**

PP = Precipitación (variable dependiente)

X = Altitud (variable independiente)

#### 3.3.3.1. Relleno de series.

El relleno de datos se realizó tomando una estación base que tuviera las series completas en este caso fue la estación meteorológica Pichilingue. Para lo cual se empleó el método de Correlación Ortogonal, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

**Dónde:**

$\sigma_y^2$  = Varianza de y

n = Número de datos

$y_i$  = Dato y

$\bar{y}$  = Media y

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

**Dónde:**

$\sigma_x^2$  = Varianza de x

n = Número de datos

$x_i$  = Dato x

$\bar{x}$  = Media x

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{n} \sum_1^n (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})$$

**Dónde:**

$\sigma_{xy}^2$  = Covarianza

$n$  = Número de datos

$x_i$  = Dato x

$\bar{x}$  = Media x

$y_i$  = Dato y

$\bar{y}$  = Media y

También se aplicó el método de Mínimos Cuadrados empleando la siguiente ecuación de segundo grado:

$$\lambda_{1.2} = \frac{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) \pm \sqrt{[-(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)]^2 - 4 * [\sigma_x^2 * \sigma_y^2 - \sigma_{xy}^2]}}{2}$$

**Dónde:**

$\lambda_{1.2}$  = Lambda

$\sigma_y^2$  = Varianza de y

$\sigma_x^2$  = Varianza de x

Cálculo de la pendiente:

$$m = \frac{\sigma_{xy}^2}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

**Dónde:**

$m$  = Pendiente

$\sigma_{xy}^2$  = Covarianza

$\lambda_1$  = Lambda 1

$\lambda_2$  = Lambda 2

Ecuación para rellenar los datos

Dato a rellenar = pendiente \* (dato serie larga – media serie larga) + media serie corta

### **3.3.3.2. Obtención del modelo matemático.**

Para obtener el modelo matemático se usó el criterio de cuencas homogéneas, en el cual se relacionó la precipitación multianual (15 años) de las seis estaciones meteorológicas con sus respectivas altitudes y se obtuvo una línea de tendencia y la ecuación polinómica correspondiente. Tomando la altitud como la variable independiente (X) y la precipitación variable dependiente (Y).

### **3.3.4. Modelo matemático para la temperatura**

El modelo matemático de temperatura se obtuvo empleando datos de temperatura de 15 años de las siguientes estaciones meteorológicas: Pichilingue, El Vergel, San Juan La Maná, Puerto Ila, El Corazón y La Concordia. Los datos de las estaciones meteorológicas no se estaban completos para lo cual se va rellenaron las series de datos y finalmente se obtuvo el modelo matemático mediante una línea de tendencia. Es decir el modelo de temperatura lineal es de la siguiente forma:

$$^{\circ}T = AX + B$$

#### **Dónde**

T = Temperatura (variable independiente)

X = Altitud (variable dependiente)

#### **3.3.4.1. Relleno de series**

Para rellenar los datos se necesitó de una estación base que tuviera las series completas en este caso fue la estación meteorológica Pichilingue. Para lo cual se empleó el método de Diferencia, que se fundamenta en la diferencia entre los valores de la serie larga (datos completos) y la serie corta (datos incompletos), aplicando las siguientes ecuaciones:

$$Y'N = XN + (yn - xn)$$

**Dónde:**

$Y'N$  = promedio estación a rellenar serie larga

$XN$  = promedio estación base (serie larga)

$xn$  = promedio estación base (serie corta)

$yn$  = promedio estación a rellenar

$$Yn = \frac{Y'N}{XN} * Xn$$

**Dónde:**

$Yn$  = dato a rellenar

$Y'N$  = promedio estación a rellenar serie larga

$Xn$  = dato de la estación base

$XN$  = promedio estación base (serie larga)

**3.3.4.2. Obtención del modelo.**

La obtención del modelo matemático se realizó empleando el método de cuencas homogéneas, en el cual se relacionó la media multianual (15 años) de temperatura de las seis estaciones meteorológicas con sus respectivas altitudes y se obtuvo una línea de tendencia y la ecuación lineal correspondiente. Tomando la altitud como la variable independiente (X) y la temperatura variable dependiente (Y).

**3.3.5. Determinación de la Evapotranspiración Potencial (ETP)**

Para determinar la evapotranspiración potencial (ETP) se empleó el Método de Turc, en el cual se utilizan como componentes tanto las variables de temperatura y precipitación.

La ecuación a emplear es la siguiente:

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$L = 300 + 25(T) + 0,05 (T)^3$$

**Dónde:**

ETP = Evapotranspiración media – anual en mm

P = Precipitación multi – anual en mm

L = Parámetro heliotérmico

T = Temperatura media – anual

0,9 = Variable Constante

### **3.3.6. Determinación del balance hídrico de la microcuenca Nila**

Con los datos obtenidos de los modelos matemáticos de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial (ETP), se determinó la cantidad de recurso existente en la microcuenca. Es decir, el balance hídrico el mismo que puede ser expresado de la siguiente forma:

$$\text{Recurso hídrico existente} = \text{Lluvia Multianual} - \text{ETP Multianual}$$

### **3.3.7. Monitoreo de los parámetros físicos – químicos básicos de la calidad del agua**

Para el respectivo monitoreo de los parámetros físico – químicos básicos de la calidad del agua, se realizaron seis recorridos en los tres puntos de muestreo. En cada punto de muestreo se tomó la muestra de agua por debajo del espejo de agua; la muestra se recolectó según el Stándar Methods (EPA, 2001).

Los parámetros analizar fueron: Oxígeno Disuelto (pH), Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos (STD) y Temperatura del Agua. Para cada muestra recolectada se realizó el análisis físico – químico correspondiente en el que se efectuó lo siguiente:

- Se vertió el contenido de cada muestra en un vaso de precipitación de 500 ml.
- Introdujo la sonda de cada equipo portátil en el vaso de precipitación, para el análisis correspondiente.
- Se esperó hasta que se estabilice el valor, y así se tomó la lectura respectiva.

### 3.3.8. Monitoreo de los metales pesados

El respectivo monitoreo de los metales pesados tales como: arsénico, cobre, hierro, cadmio, y zinc, se analizaron *ex situ* de estos, es decir en laboratorio. Para esto se tomó la muestra de agua por debajo del espejo de agua en un recipiente de vidrio de 500 ml, las mismas que fueron colocadas en una hielera para realizar el análisis en el laboratorio del Grupo Químico MARCOS de la ciudad de Guayaquil. Para la interpretación de los resultados obtenidos se procedió a utilizar los niveles máximos permisibles establecidos por el EPA.

### 3.3.9. Determinación del caudal del río Nila

Para determinar el caudal se empleó el “método de velocidad – área”, el mismo que consiste en conocer la velocidad y el área respectiva de los puntos de aforo. Para calcular la velocidad se lanzó un flotador (bola de ping pong) al agua y se cronometró la distancia recorrida en una sección de 10 m. Posteriormente se procedió a medir la profundidad de la corriente en los puntos de aforo, y finalmente se calculó el área de cada sección midiendo la longitud y la profundidad. Conociendo la velocidad y el área se empleó las siguientes ecuaciones:

#### Ecuación para calcular la velocidad del agua

$$Velocidad = \frac{Distancia (m)}{Tiempo (sg)} = \frac{e}{t}$$

### **Ecuación para calcular el área transversal**

$$\text{Área} = \text{Ancho}(m) * \text{profundidad pormedio}(m)$$

### **Ecuación para calcular el caudal**

$$Q = V * A * F$$

**Dónde:**

Q = Caudal (m/s)

V = Velocidad (m)

A = Área (m<sup>2</sup>)

f = Factor de corrección (0,86)

#### **3.3.10. Identificar y analizar los principales problemas ambientales que afectan a la microcuenca**

Para la identificación de los problemas ambientales que afectan a la microcuenca se contó con la recopilación de información mediante la aplicación de un cuestionario con 11 ítem relacionados a los aspectos ambientales, y de esta manera se pudo contar con la participación de los moradores de la microcuenca, donde ellos manifestaron los problemas actuales en lo que se respecta al uso del suelo debido a que el área donde se encuentra la microcuenca es netamente agrícola.

Para la tabulación del cuestionario se utilizó la técnica propuesta por Osood y que consiste en que cada ítem se contestará en una escala de 7 opciones de respuesta con la siguiente valoración:

|                                |                     |              |                      |           |                  |                             |
|--------------------------------|---------------------|--------------|----------------------|-----------|------------------|-----------------------------|
| Estoy totalmente en desacuerdo | Estoy en desacuerdo | No puede ser | no conozco, no opino | puede ser | Estoy de acuerdo | Estoy totalmente de acuerdo |
| -3                             | -2                  | -1           | 0                    | 1         | 2                | 3                           |

**Fuente:** Adaptado de Osood

Los resultados de la encuesta se introdujeron en una tabla, la misma que determino las medidas de tendencia central: media aritmética, moda y mediana.

| Ítems<br>Panelistas | a | B | c | d | E | F | G | H | i | j | SUMA |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 1                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 2                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 3                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| .....               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| <b>SUMA</b>         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| <b>MEDIA</b>        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| <b>MEDIANA</b>      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| <b>MODA</b>         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |

Los resultados de la encuestada fueron sometidos al análisis estadístico multivariante, para determinar los ítems más discriminantes.

**1. Análisis Factorial.-** Para este análisis se aplicó el siguiente modelo:

$$x = a + LF + e$$

**Dónde:**

$x = (p \times 1)$  vector de medidas

$a = (p \times 1)$  vector de medias

$L =$  matriz inicial  $(p \times m)$

$F =$  vector de factores comunes  $(p \times m)$

$e =$  vector de residuos  $(p \times 1)$

$p$ , representa el número de mediciones y  $m$  representa el número de factores comunes.

La matriz de covarianza es igual a:

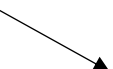
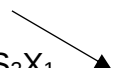
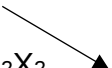
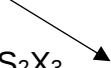
$$Cov(x) = LL' + \beta$$

**Dónde:**

$L =$  matriz inicial  $(p \times m)$

$\beta =$  matriz de varianzas de residuos  $(p \times p)$

Cuando en un estudio se mide la relación bivariada entre más de 2 variables, frecuentemente la información se expresa en forma matricial. La estructura de esta matriz de naturaleza simétrica coincide como matriz de varianza y covarianza.

|  | $X_1$                                                                                            | $X_2$                                                                                             | $X_3$                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $X_1$                                                                               | <br>$S_2 X_1$ | $SX_1 X_2$                                                                                        | $SX_1 X_3$                                                                                         |
| $X_2$                                                                               | $SX_2 X_1$                                                                                       | <br>$S_2 X_2$ | $SX_2 X_3$                                                                                         |
| $X_3$                                                                               | $SX_3 X_1$                                                                                       | $SX_3 X_2$                                                                                        | <br>$S_2 X_3$ |

La diagonal principal contiene información de la varianza de la variable, así la celda 1,1 contiene la varianza de la primera variable estadística, la celda 2,2 contendrá la varianza de la segunda variable y la celda 3,3 la varianza de la tercera variable.

El resto de celdas sirven para reflejar el estadístico en covarianza para cada variable.

## **2. Análisis de Clúster (Conglomerados de Variables)**

$$d_{mj} = \frac{N_k d_{kj} + N_l d_{lj}}{N_m}$$

**Dónde:**

$N_k, N_l, N_m$  = Número de observaciones en los conglomerados k, l, m

### **3.3.11. Elaboración de la propuesta de manejo ambiental**

Para la elaboración del plan de manejo ambiental se considerarán las metas propuestas. Las que tienen por objeto el aprovechamiento racional del recurso hídrico que se encuentra en la microcuenca y las que pretende garantizar la protección y la conservación del mismo.

## **CAPÍTULO IV**

### **Resultados y Discusión**

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Caracterización socioeconómica de la microcuenca

**Tabla 5.** Caracterización de las condiciones socioeconómicas del área de influencia de la microcuenca

| <b>Economía</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Salud</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Educación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>La economía de los moradores principalmente se basa en la agricultura dado que el 50% de los moradores son agricultores (ver anexo de gráfico 1) los primordiales productos que cultivan son: maíz, plátano, yuca, café, cacao, arroz y árboles frutales (naranja, mandarina, toronja, zapote, achotillo, entre otros). Y en un 48% son jornaleros (ver anexo de gráfico 1).</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Según el cuestionario aplicado a los moradores, la comunidad que se asienta en la microcuenca no cuentan con un Subcentro de Salud por ser una zona rural, ellos tienen que desplazarse hasta el cantón Buena Fe.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante la observación directa y entrevista se pudo constatar dentro de la microcuenca que los moradores cuentan con un centro educativo fiscal, como es la Escuela de Educación Básica “Jorge Reyes” cuenta con 7 aulas que acoge un total de 80 alumnos la jornada en el que labora es matutina.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>La mayoría de los ingresos que percibe cada familia se da por la venta de los productos agrícolas, y en algunos casos por la venta de ganado vacuno. Sin dejar a un lado el apoyo social que reciben por parte del gobierno como el bono de desarrollo humano en un 54% (ver anexo de gráfico 2), lo que indica que cada familia llega a un ingreso entre 1000 y 3000 dólares al año.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro de la microcuenca existe una población de aproximadamente 400 habitantes. Además los ingresos familiares que perciben cubren el 22,7% en medicina (ver anexo gráfico 3).</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Además también cuenta con servicios básicos como es letrinas, luz eléctrica y una fácil vía de acceso.</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>El mismo que es consignado para salud, transporte en un 9,1%, alimentación en un 41%, educación en un 22,7%, y el 4,5% (ver anexo de gráfico 3) en otros gastos tales como: vestimenta, inversión de insumos agrícolas y pecuarios.</li> </ul>                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Fuente:** Elaboración propia

## **4.1.2. Caracterización biofísica de la microcuenca**

### **4.1.2.1. Descripción general.**

En esta investigación, en la descripción de la línea base ambiental del Balance hídrico de la microcuenca río Nila, se considera la caracterización de los componentes ambientales físico, biótico, socioeconómico de la zona de estudio.

### **4.1.2.2. Descripción del Medio Físico.**

#### **a. Recurso Suelo**

El área de estudio pertenece a la Región Húmeda Tropical. Su relieve está representado por terrazas altas, localmente “colgantes” a terrazas medias y/o indiferenciadas, y una llanura plana ligeramente ondulada. El cantón presenta los siguientes relieves: suave a ligeramente ondulado (pendientes 2 de 5 a 12%), moderadamente ondulados (pendientes 3 de 12 a 25%) y colinados (con pendientes 4 de 25 a 50%) (Zambrano, 2014).

Proaño (2006) sostiene que debido al relieve extremo, la agricultura es variada, siendo los principales productos el plátano, cacao, café, balsa, naranja y maderas. Las rocas que afloran en el sitio geográfico corresponden litológicamente a un Aglomerado Volcánico perteneciente, a la Formación Baba con mucha cercanía a Terrazas Indiferenciadas pertenecientes a las edades geológicas Plio – pleistoceno y del Pleistoceno respectivamente. En lo que sigue se describe más en detalle las formaciones geológicas que tienen influencia:

#### **▪ Geología**

**Formación Baba.** (Plio-Pleistoceno). Definida por primera vez en la Hoja Geológica “Las Delicias”; está constituida por aglomerados volcánicos (lahares)

en bancos de potencia variable de hasta 4m de espesor, conglomerados polimicticos con matriz arenosa y tamaño de los clastos centimetricos, capas de toba aglomeratica que están constituidos por fragmentos de pórfidos andesiticos de estructura hialopolítica, y ceniza de grano fino y de color café amarillento. El espesor de esta formación se estima que sobrepasa los 100m; por las relaciones estratigráficas se ha considerado de edad pliocenica a pleistocenica (Proaño, 2006).

**Las Terrazas** (Pleistoceno) y depósitos aluviales (Holoceno). Se diferencian dos niveles distintos de terraza: la parte superior está compuesta de arcillas, limos y arenas. El nivel inferior ha sido cortado subsecuentemente por divagación del río y está recibiendo aluvial reciente (Proaño, 2006).

**Meteorización Tropical.** Fuera de los cursos de los ríos y de estos sitios expuestos, la meteorización produce un manto de suelo de hasta unos 8 m de espesor. Las rocas de la Formación Baba se meteorizan formando suelos limo – arcillosos, color café – rojizos y las cenizas se convierten en arcillas color café claro (Proaño, 2006).

El área de interés esta interrumpida por algunas lomas bajas y por dedos de terrenos más altos que se levantan rápidamente hacia el norte para formar la línea divisoria de las aguas. Las rocas volcánicas de edad cretácica y pleistocena abarcan la mayor parte de los mapas Geológicos; depósitos terciarios superiores se encuentran sobre este basamento. Terrazas (incluyendo depósitos lahariticos) compuestas por depósitos aluviales de textura fina cubren toda el área occidental de la parte plana de la zona (Proaño, 2006).

#### ▪ **Geomorfología**

Esta zona corresponde a la zona más importante de aporte hidrológico y de recarga subterránea, en donde los ríos y quebradas son de baja pendiente y presentan una fuerte erosión durante el invierno. Corresponde a la formación

Balzar que presenta una serie de terrazas sub-horizontales de elevaciones bajas y con una pendiente suave, pero constantemente descendente hacia el sur-oeste, con un avenamiento intenso de pequeñas y profundas quebradas también de dirección preferencial suroeste. Las terrazas están constituidas por antiguos aluviones, lahares y depósitos tobáceos. Estas terrazas alcanzan elevaciones máximas de 80. El volumen de agua no puede ir en el eje horizontal, por lo que se incrementa en el eje vertical, alcanzando alturas importantes (Proaño, 2006).

Pues también se pudo apreciar claramente que cuando se presenta la estación lluviosa una vez que se satura el suelo en aquellas áreas desprotegidas por la vegetación eliminada entonces, la escorrentía superficial se convierte en torrentes, originando avenidas intensas que desgarran gran cantidad de suelo y restos de ramas, árboles cuyos restos se pudieron apreciar en el transcurso del recorrido de la fase de campo.

#### **b. Recurso Agua**

El río Nila nace en el límite noreste (Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas), que la mayor parte de su área se encuentra en dicha provincia y recorre parte del cantón Buena Fé donde desemboca en el río Congoma. El área de influencia del cauce del río Nila, aguas arriba y aguas abajo, ésta siendo utilizada para los riegos de labores agrarios.

Hidrológicamente la microcuenca del río Nila pertenece a la Subcuenca del Río Daule, Cuenca del Río Guayas la misma que es la mayor cuenca fluvial de la costa del Pacífico en la América del Sur, y riega extensas y ricas zonas de suelos fértiles de aluvión (Avilés, 2012).

#### 4.1.2.3. Descripción del Medio Biótico.

**Tabla 6.** Caracterización del medio biótico de la microcuenca

| Flora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fauna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es una zona netamente rural.</li> <li>▪ Pudo observar especies madereras: moral fino (<i>Maclura tinctoria</i> (L.) d. Don es Steud), caucho (<i>Ficus elástica Roxb</i>), cacao (<i>teobroma cacao</i>), maíz (<i>Zea mays</i>), boyá (<i>Heliocarpus americanus</i>).</li> <li>▪ Dentro de las palmas es digno de mencionar la gran abundancia de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>) y significativamente de menor cantidad el chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>).</li> <li>▪ Se pudo apreciar especies ornamentales: clavellina (<i>Dianthus chinensis</i>), flor de mayo, campanilla (<i>Campanula carpatica</i>), sábila (<i>Aloe vera</i>), palma de iglesia (<i>Cycas revoluta</i>), dondiego de noche (<i>Mirabilis jalapa</i>), vinca rosa (<i>Catharanthus roseus</i>), alhelí de invierno (<i>Matthiola incana</i>), drago (<i>Dracaena deremensis</i>).</li> <li>▪ Especies frutales: carambola (<i>Aboraha carmbola</i>), papaya (<i>Carica papaya</i>), mango (<i>Mangifera indica</i>), plátano (<i>Musa paradisiaca</i>), mandarina (<i>Citrus reticulata</i>), aguacate (<i>Persea americana</i>), naranja (<i>Naranjus</i>), limón (<i>Citrus aurantifolia</i>), arazá (<i>Eugenia stipitata</i>).</li> <li>▪ Medicinales como: ruda de castilla (<i>Ruta Graveolens</i> L.), ruda de gallinazo (<i>Porophyllum ellipticum</i>), rosa de muerto (<i>Tagetes sulphuria</i>), paico (<i>Chenopodium ambrosoides</i>), hierba luisa (<i>Cymbopogon citrstus</i>), albahaca (<i>Ocimum Basilicum</i> L),</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debido a que las actividades antropogénicas juegan un papel importante en el comportamiento de los distintos grupos de animales presentes en el área de influencia, se realizó la técnica de observación directa de estos para conocer su estado actual.</li> <li>▪ Los principales grupos de animales presentes en el lugar, se registraron: mamíferos: perros (<i>Canis lupus familiaris</i>) gatos (<i>Felis silvestris catus</i>), vacas (<i>Bos primigenius Taurus</i>), caballos (<i>Equus ferus caballus</i>), cerdos (<i>Sus scrofa domestica</i>), burros (<i>Equus africanus asinus</i>), aves: palomas (<i>Columbia livia</i>), patos (<i>Anas domesticus</i>), gallinas (<i>Gallus gallus domesticus</i>), pavos (<i>Meleagris gallopavo</i>), anfibios: lagartijas (<i>Podarcis</i>), culebras (<i>Oxyrhopus rhombifer</i>) e insectos: hormigas (<i>Solenopsis</i>), cucarachas (<i>Blatta orientalis</i>), grillos (<i>Gryllidae</i>), mariposas (<i>Libélula Aeshna</i></li> </ul> |

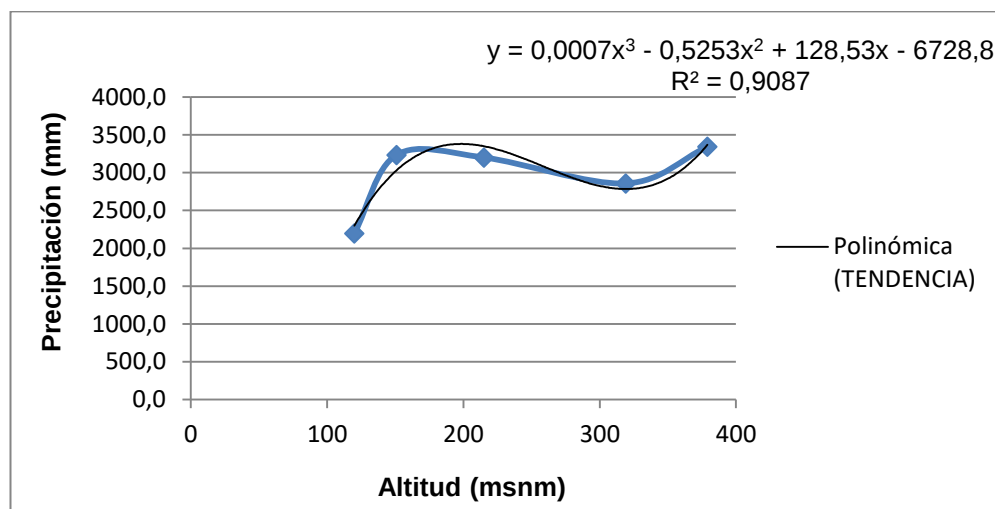
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>abejón (<i>Senna reticulada</i>),<br/> mastrante (<i>Mentha suaveolens</i>),<br/> llantén (<i>Plantago major</i>),<br/> Jenjibre (<i>Zingiber Offenales Rosi</i>),<br/> orégano (<i>Orégano cimarrón</i>),<br/> escancel (<i>Aerva sanguinolenta (L.) Blume</i>)</p> <p>▪ Actualmente no todo el bosque original ha sido sustituido para explotar cultivos agrícolas y pastizales (Proaño, 2006).</p> | <p><i>Cyanea</i>),<br/> (<i>Lampyridae</i>),<br/> (<i>tetigonia virdissima</i>),<br/> (<i>Aeshna cyanea</i>),<br/> (<i>Anopheles gambiae</i>)</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>luciérnagas<br/> saltamonte<br/> libélula<br/> zancudo</p>                                                                                     |

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2. Modelo matemático de precipitación

En el gráfico 1, se muestran los resultados obtenidos de la modelización matemática para la precipitación, los cuales se obtuvieron a partir de datos de precipitación multianual (15 años) de seis estaciones meteorológicas. Obteniendo como resultado una línea de tendencia y una ecuación polinómica de tercer orden con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9087; el cual indica el mayor ajuste entre la variable X (altitud) y la variable Y (precipitación). Considerando los resultados se determinó la precipitación puede variar, es decir subir y bajar dependiendo de la altitud.

**Gráfico 1.** Variación de la Precipitación con la Altitud en la microcuenca Nila



Fuente: Elaboración propia

**Donde:**

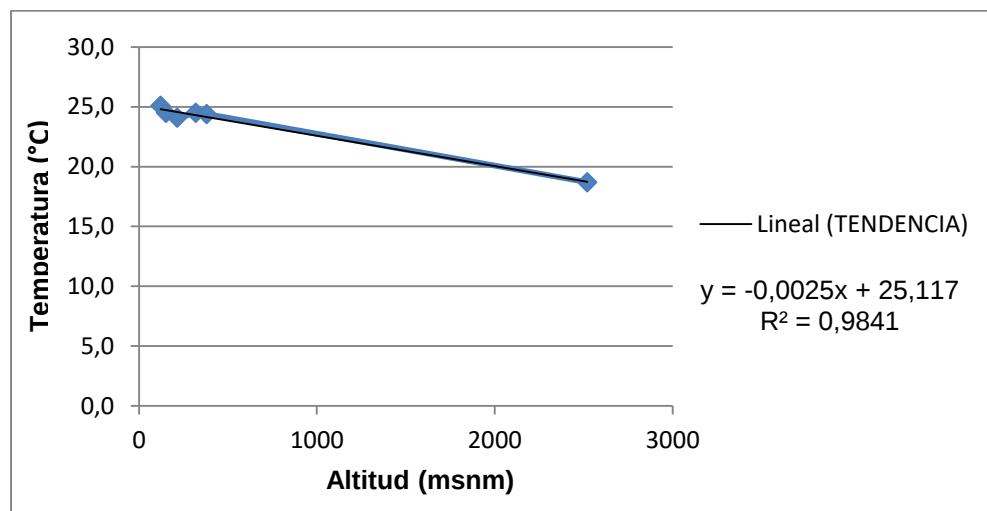
$y$  = Precipitación (variable dependiente)

$x$  = Altitud (variable independiente)

### 4.3. Modelo matemático de temperatura

En el gráfico 2, se muestran los resultados obtenidos de la modelización matemática para la temperatura a partir de la media multianual (15 años) de seis estaciones meteorológicas. Obteniendo como resultado una línea de tendencia y una ecuación lineal con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,9841; el cual indica que el modelo es confiable y hay un gran ajuste entre la variable X (altitud) y la variable Y (temperatura). Considerando los resultados se determinó que a mayor altura menor temperatura; es decir, son variables inversamente proporcionales.

**Gráfico 2.** Variación de la Temperatura con la Altitud en la microcuenca Nila



Fuente: Elaboración propia

**Donde:**

$y$  = Temperatura (variable dependiente)

$x$  = Altitud (variable independiente)

#### **4.4. Aporte (Precipitación) y pérdida del agua (Evo transpiración potencial) en la microcuenca Nila**

En la lámina 1 que se muestra en el anexo 3, se presenta el mapa de isotermas (Temperatura) de la microcuenca Nila, la misma que se estableció tomando en cuenta la ecuación lineal obtenida. Considerando los resultados se determinó que la temperatura puede variar, es decir subir y bajar dependiendo de la altitud; es decir, son variables inversamente proporcionales. Es por esto que en la parte noreste de la microcuenca la temperatura máxima es de 24,82 °C y en la parte sureste la temperatura mínima es de 24,49 °C. Y la temperatura promedio anual es de 24,64°C.

En la lámina 2 que se adjunta en el anexo 4, se observa el mapa que contiene el plano de isoyetas (Precipitación), en donde se aplicó la ecuación polinómica de tercer orden obtenido anteriormente. Considerando los resultados se determinó que la precipitación puede variar, es decir subir y bajar dependiendo de la altitud. Es así que en la parte noreste se obtuvo una precipitación máxima de 3579,28 mm y en la parte sureste una precipitación mínima de 2339,08 mm. Teniendo una precipitación media anual de 3445,40 mm.

En la lámina 3 que se presenta en el anexo 5, muestra el mapa que contiene el plano de isopletras (Evapotranspiración potencial), la misma que se estableció tomando en cuenta la variable temperatura y precipitación. Considerando los resultados se determinó que la evapotranspiración puede variar, es decir subir y bajar dependiendo de la altitud. Por lo tanto en la parte noreste de la microcuenca se determinó una evapotranspiración potencial máxima de 1519,49 mm y en la parte sureste de 1390,97 mm una evapotranspiración potencial mínima. Teniendo una evapotranspiración potencial promedio anual de 1512,13 mm.

#### 4.5. Balance hídrico de la microcuenca

En la lámina 4 ver anexo 6, se observa el mapa que contiene el balance hídrico de la microcuenca, en donde se consideró la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial multianual. Es así que en la parte noreste se obtuvo un máximo valor de recurso existente de 2061,93 mm y en la parte sureste un mínimo valor de recurso existente de 948,11 mm.

**Tabla 7.** Resumen del balance hídrico de la microcuenca río Nila

| <b>BALANCE HÍDRICO</b>                   |            |                            |                            |
|------------------------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>TEMPERATURA</b>                       | 26,64 °C   |                            |                            |
| <b>PRECIPITACIÓN</b>                     | 3445,40 mm | 144 706 800 m <sup>3</sup> | 144 706,8 dam <sup>3</sup> |
| <b>EVAPOTRANSPIRACIÓN</b>                | 1512,13 mm | 63 509 460 m <sup>3</sup>  | 63 509,46 dam <sup>3</sup> |
| <b>AGUA RECUPERADO DE LA MICROCUENCA</b> |            |                            | 81 197,34 dam <sup>3</sup> |

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.6. Análisis de los parámetros físicos – químicos básicos

**Tabla 8.** Resultado de los análisis físicos – químicos básicos del río Nila

| PARÁMETRO |             | Oxígeno disuelto mg/l                                        | Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$   | STD mg/l                      | Temperatura del agua $^{\circ}\text{C}$     | Potencial de hidrógeno | Turbidez NTU         |
|-----------|-------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------------|
| NORMA     |             |                                                              |                                            |                               |                                             |                        |                      |
| PUNTO     |             | (TULSMA) <sup>2</sup><br>No menor al 60% y no menos a 5 mg/l | (OMS) <sup>3</sup><br>250 $\mu\text{S/cm}$ | (EPA) <sup>4</sup><br>50 mg/l | (TULSMA) Condiciones naturales +3 máxima 32 | (TULSMA)<br>6,5 – 9    | (EPA)<br>2 – 200 NTU |
| P1        | 2/Dic/2013  | 6,20                                                         | 113,0                                      | 54                            | 26,0                                        | 7,8                    | 1,06                 |
|           | 5/Dic/2013  | 6,00                                                         | 114,2                                      | 52                            | 25,5                                        | 8,1                    | 1,08                 |
|           | 12/Dic/2013 | 8,05                                                         | 122,7                                      | 57                            | 23,7                                        | 8,3                    | 1,39                 |
|           | 16/Dic/2013 | 7,50                                                         | 113,6                                      | 52                            | 28,2                                        | 7,5                    | 12,00                |
|           | 19/Dic/2013 | 7,80                                                         | 107,0                                      | 49                            | 25,1                                        | 7,3                    | 8,81                 |
|           | 8/Ene/2014  | 7,41                                                         | 86,7                                       | 39                            | 26,1                                        | 7,5                    | 11,20                |
| P2        | 2/Dic/2013  | 5,90                                                         | 110,8                                      | 51                            | 26,3                                        | 8,1                    | 0,90                 |
|           | 5/Dic/2013  | 6,30                                                         | 110,1                                      | 51                            | 26,6                                        | 8,1                    | 1,21                 |
|           | 12/Dic/2013 | 8,29                                                         | 110,5                                      | 51                            | 23,8                                        | 8,2                    | 1,29                 |
|           | 16/Dic/2013 | 7,43                                                         | 252,0                                      | 41                            | 28,1                                        | 7,5                    | 11,60                |
|           | 19/Dic/2013 | 7,73                                                         | 97,7                                       | 44                            | 25,1                                        | 6,8                    | 8,59                 |
|           | 8/Ene/2014  | 7,71                                                         | 88,8                                       | 42                            | 25,9                                        | 7,6                    | 11,60                |
| P3        | 2/Dic/2013  | 5,30                                                         | 108,0                                      | 51                            | 26,5                                        | 8,1                    | 1,01                 |
|           | 5/Dic/2013  | 6,40                                                         | 119,5                                      | 55                            | 26,9                                        | 8,1                    | 1,15                 |
|           | 12/Dic/2013 | 8,41                                                         | 106,1                                      | 49                            | 23,5                                        | 7,8                    | 1,26                 |
|           | 16/Dic/2013 | 7,55                                                         | 107,0                                      | 49                            | 28,1                                        | 7,6                    | 10,80                |
|           | 19/Dic/2013 | 7,45                                                         | 95,1                                       | 44                            | 25,4                                        | 7,1                    | 8,91                 |
|           | 8/Ene/2014  | 7,79                                                         | 82,5                                       | 38                            | 25,9                                        | 7,8                    | 11,50                |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se puede apreciar los resultados que se obtuvieron en el análisis físico – químico durante las diferentes fechas de muestreo; claramente se puede observar que los resultados obtenidos de oxígeno disuelto, temperatura del agua y potencial de hidrogeno se ajustan a los límites máximos

2 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE D.E. 3399 R.O. 725, Diciembre 16, 2002 y D.E. 3516 R.O. Edición Especial N° 2, Marzo 31, 2003. Libro VI De la Calidad Ambiental. Anexo 1.

3 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2008. Hojas de Información microbiológicas. (en línea). 2013. Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_11.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_11.pdf)

4 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2001. Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards (en línea). Recuperado de: [http://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water\\_Quality.pdf](http://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water_Quality.pdf)

permisibles establecidos por la norma ecuatoriana TULSMA. Según la OMS los resultados de las muestras pertenecientes al parámetro conductividad eléctrica, se encuentran dentro del límite permisible, se encontró solo un valor alto en el punto 2 (P2) en la cuarta semana de monitoreo; esto se debe a la presencia de algún tipo de descarga dado en momentos antes de la toma de la muestra.

Muy por el contrario la mayoría de los resultados obtenidos del análisis correspondiente al parámetro STD (sólidos totales disueltos), se encuentran fuera del rango establecido por el EPA, estos valores altos indican que se dio algún tipo de descarga en instantes antes en el que se procedió a la toma de la muestra. Mientras los resultados de turbiedad si se encuentran dentro de los rangos establecidos por el EPA.

**4.6.1. Análisis de componentes principales: Oxígeno Disuelto (od-1). Conductividad Eléctrica (ce-1). Sólidos Totales Disuelto (std-1). Temperatura de agua (t-1). Potencial de Hidrógeno (pH-1). Turbidez (Tu-1). Oxígeno Disuelto (od-2). Conductividad Eléctrica (ce-2). Sólidos Totales Disuelto (std-2). Temperatura de agua (t-2). Potencial de Hidrógeno (pH-2). Turbidez (Tu-2). Oxígeno Disuelto (od-3). Conductividad Eléctrica (ce-3). Sólidos Totales Disuelto (std-3). Temperatura de agua (t-3). Potencial de Hidrógeno (pH-3). Turbidez (Tu-3).**

**Tabla 9.** Análisis exploratorio de los componentes principales

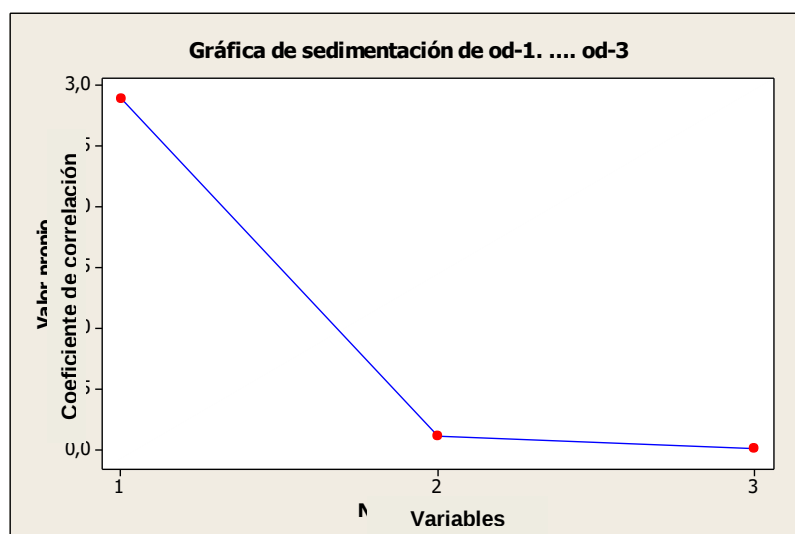
|                     |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Valor propio</b> | 9,3334 | 4,8180 | 2,4773 | 1,0939 | 0,2773 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| <b>Proporción</b>   | 0,519  | 0,268  | 0,138  | 0,061  | 0,015  | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
| <b>Acumulada</b>    | 0,519  | 0,786  | 0,924  | 0,985  | 1,000  | 1,000  | 1,000  | 1,000  |

|                     |        |        |        |         |         |         |         |  |
|---------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--|
| <b>Valor propio</b> | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000 |  |
| <b>Proporción</b>   | 0,000  | 0,000  | 0,000  | -0,000  | -0,000  | -0,000  | -0,000  |  |
| <b>Acumulada</b>    | 1,000  | 1,000  | 1,000  | 1,000   | 1,000   | 1,000   | 1,000   |  |

|                     |         |         |         |  |  |  |  |  |
|---------------------|---------|---------|---------|--|--|--|--|--|
| <b>Valor propio</b> | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000 |  |  |  |  |  |
| <b>Proporción</b>   | -0,000  | -0,000  | -0,000  |  |  |  |  |  |
| <b>Acumulada</b>    | 1,000   | 1,000   | 1,000   |  |  |  |  |  |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8.** Gráfica de sedimentación de oxígeno disuelto los puntos 1, 2 y 3



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la tabla 9 y de la figura 8, corresponde al análisis exploratorio utilizado en el análisis multivariante previo al análisis factorial, para eliminar la información redundante, los 3 primeros componentes principales, son los más importantes, ya que explican el 92,4 % de la varianza.

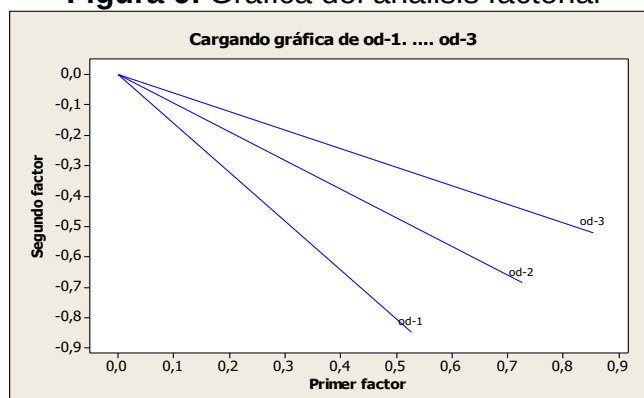
#### 4.6.2. Análisis factorial: od-1. od-2. od-3

**Tabla 10.** Análisis factorial del componente principal de la matriz de correlación

| Variable    | Factor 1 | Factor 2 | Comunalidad |
|-------------|----------|----------|-------------|
| <b>Od-1</b> | 0,527    | -0,849   | 0,999       |
| <b>Od-2</b> | 0,725    | -0,686   | 0,997       |
| <b>Od-3</b> | 0,854    | -0,520   | 0,999       |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 9.** Gráfica del análisis factorial

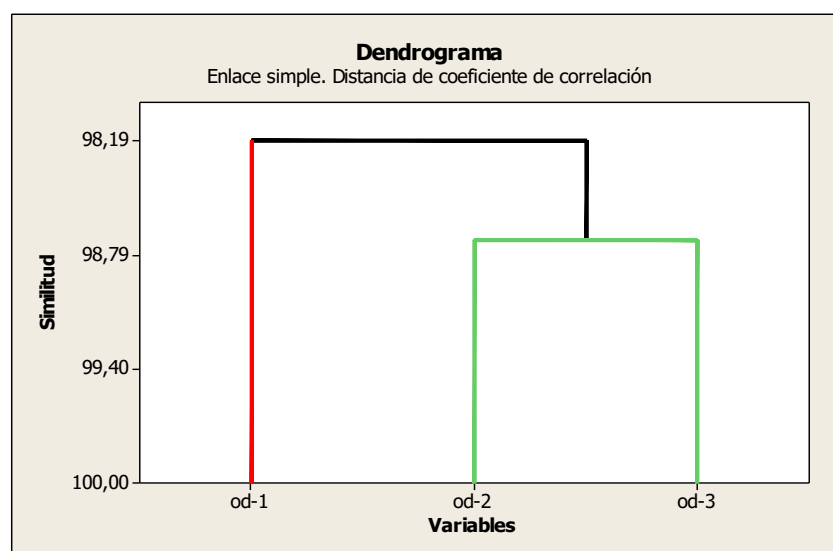


Fuente: Elaboración propia

De la tabla 10 y figura 9, se desprende que los mejores resultados en la variable oxígeno disuelto, se obtuvieron en los puntos de muestreo 2 y 3 cuyos valores propios son: 0,725 y 0,854 respectivamente.

#### 4.6.3. Análisis de variables de conglomerados: od-1. od-2. od-3

**Figura 10.** Dendrograma de los valores de oxígeno disuelto en los tres puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia

En el análisis de Clúster (conglomerados), se puede observar que las variables oxígeno disuelto (od), en los puntos de muestreo 2 y 3, se agrupan en un mismo clúster ya que tienen mayor similitud, el coeficiente de correlación es  $r = 98,79$ ; por lo tanto estas son las variables más discriminantes de este análisis.

#### 4.6.4. Modelo matemático. Análisis de regresión: od-3 vs. od-2

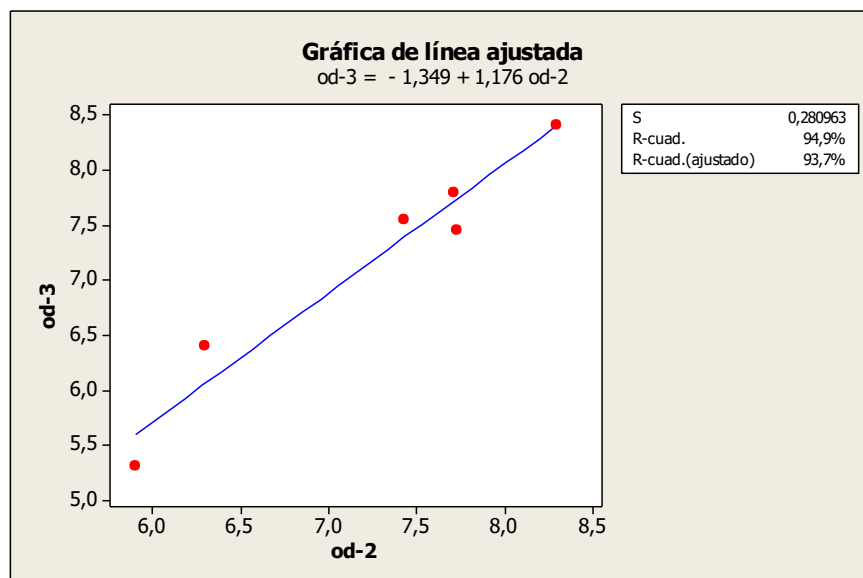
**Tabla 11.** Análisis de la varianza (oxígeno disuelto en los puntos 2 y 3)

| La ecuación de regresión es<br>od-3 = -1,349 + 1,176 od-2<br>S = 0,280963 R-cuad. = 94,9% R-cuad. (ajustado) = 93,7% |    |                  |                |         |       |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------|----------------|---------|-------|------------|
| Análisis de varianza                                                                                                 |    |                  |                |         |       |            |
| F. Variación                                                                                                         | GL | Suma de Cuadrado | Cuadrado medio | F Calc. | F 95% | Inferencia |
| Regresión                                                                                                            | 1  | 5,91644          | 5,91644        | 75,95   | 0,001 | **         |
| Error                                                                                                                | 4  | 0,31576          | 0,07894        |         |       |            |
| Total                                                                                                                | 5  | 6,23220          |                |         |       |            |

Fuente: Elaboración propia

**\*\*Diferencia altamente significativas entre el oxígeno disuelto en los puntos 2 y 3**

**Figura 11.** Línea ajustada: od-3 vs. od-2



**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 11, Análisis de la varianza (ADEVA) se puede apreciar la relación lineal entre oxígeno disuelto en el punto 2 y 3 presentado estadísticamente diferencia altamente significativa. En la figura 11, se puede observar la ecuación lineal existente y el ajuste de los puntos.

## 4.7. Análisis de los metales pesados

**Tabla 12.** Resultados de los análisis respectivos de los metales pesados

| PARÁMETRO | Arsénico (As)<br>mg/l | Cadmio (Cd)<br>mg/l | Cobre (Cu)<br>mg/l | Hierro (Fe)<br>mg/l | Zinc (Zn)<br>mg/l |
|-----------|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| NORMA     | TULMAS<br>(0,05)      | TULMAS<br>(0,001)   | TULMAS<br>(0,02)   | TULMAS<br>(0,3)     | TULMAS<br>(0,18)  |
|           | EPA<br>(0,05)         | EPA<br>(0,005)      | EPA<br>(0,05)      | EPA<br>(0,2)        | EPA<br>(3,0)      |
| PUNTO     |                       |                     |                    |                     |                   |
| P1        | 0,0039                | < 0,0004            | 0,0089             | 0,2878              | 0,0196            |
| P2        | < 0,0031              | < 0,0004            | 0,0075             | 0,176               | 0,0302            |
| P3        | 0,0038                | < 0,0004            | 0,0096             | 0,2748              | 0,0169            |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra los resultados de los análisis realizados respectivamente a los metales pesados presente en la microcuenca en los diferentes puntos de muestreo P1, P2 y P3; indicando que no superan los límites máximos permisibles tanto de la norma ecuatoriana TULSMA y de la normativa Internacional EPA.

## 4.8. Caudal del río Nila

**Tabla 13.** Aforo realizado en la microcuenca Nila en el punto 1

| Abscisas de la sección de aforo | 630 cm (6,30 m) |     |     |     |     |     |     |     | Área (m <sup>2</sup> ) | Caudal (dm <sup>3</sup> /s ) |
|---------------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|------------------------------|
|                                 | 0               | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 630 |                        |                              |
| 2/Dic/2013                      | 52              | 76  | 87  | 75  | 79  | 77  | 72  | 16  | 4,38                   | 429,24                       |
| 5/Dic/2013                      | 16              | 52  | 76  | 87  | 75  | 79  | 77  | 72  | 4,30                   | 429,24                       |
| 12/Dic/2013                     | 16              | 62  | 85  | 87  | 76  | 87  | 88  | 80  | 4,73                   | 1003,25                      |
| 16/Dic/2013                     | 24              | 14  | 50  | 75  | 115 | 115 | 90  | 96  | 5,61                   | 1207,32                      |
| 19/Dic/2013                     | 50              | 75  | 78  | 78  | 82  | 75  | 26  | 10  | 4,35                   | 425,43                       |
| 8/Ene/2014                      | 20              | 85  | 78  | 90  | 90  | 62  | 45  | 10  | 4,66                   | 531,24                       |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestra el caudal del río Nila obtenido durante las seis fechas de muestreo en el primer punto, donde el mayor caudal se registró en la cuarta fecha de muestreo, que es de 1207,32 dm<sup>3</sup>/s y el menor caudal es de 425,43 dm<sup>3</sup>/s el mismo que se obtuvo en la antepenúltima fecha de muestreo.

**Tabla 14.** Aforo realizado en la microcuenca Nila en el punto 2

| Abscisas<br>de la<br>sección<br>de aforo | 650 cm (6,50 m) |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | Área<br>(m²) | Caudal<br>(dm³/s) |
|------------------------------------------|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------------|-------------------|
|                                          | 0               | 50 | 100 | 150 | 200 | 210 | 300 | 400 | 500 | 600 | 650 |      |              |                   |
| 2/Dic/2013                               | 18              | 28 | 20  | 22  | 22  | 23  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,49 | 306,35       |                   |
| 5/Dic/2013                               | 18              | 28 | 20  | 22  | 22  | 23  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,49 | 306,35       |                   |
| 12/Dic/2013                              | 20              | 34 | 30  | 28  | 28  | 25  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,61 | 817,40       |                   |
| 16/Dic/2013                              | 20              | 0  | 50  | 0   | 46  | 0   | 50  | 50  | 60  | 50  | 26  | 3,16 | 2459,14      |                   |
| 19/Dic/2013                              | 50              | 0  | 75  | 0   | 78  | 0   | 78  | 82  | 75  | 76  | 10  | 1,72 | 1482,97      |                   |
| 8/Ene/2014                               | 14              | 0  | 50  | 0   | 46  | 0   | 50  | 50  | 60  | 50  | 26  | 3,07 | 3993,9       |                   |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 14, se muestra el caudal del río Nila obtenido durante las seis fechas de muestreo en el segundo punto, donde el mayor caudal se registró en la última fecha de muestreo, que es de 3993,90 dm<sup>3</sup>/s y el menor caudal es de 306,35 dm<sup>3</sup>/s el mismo que se obtuvo en la primera y segunda fecha de muestreo.

**Tabla 15.** Aforo realizado en la microcuenca Nila en el punto 3

| Abscisas<br>de la<br>sección<br>de aforo | 650 cm (6,50 m) |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | Área<br>(m²) | Caudal<br>(dm³/s) |
|------------------------------------------|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------------|-------------------|
|                                          | 0               | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 650 |      |              |                   |
| 2/Dic/2013                               | 20              | 26 | 35  | 40  | 39  | 23  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,89 | 485,89       |                   |
| 5/Dic/2013                               | 20              | 26 | 35  | 40  | 39  | 23  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,82 | 586,46       |                   |
| 12/Dic/2013                              | 22              | 30 | 35  | 35  | 45  | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,89 | 110,88       |                   |
| 16/Dic/2013                              | 9               | 0  | 11  | 0   | 26  | 0   | 46  | 50  | 75  | 75  | 45  | 2,56 | 2742,86      |                   |
| 19/Dic/2013                              | 15              | 0  | 21  | 0   | 27  | 0   | 42  | 55  | 42  | 47  | 42  | 1,83 | 1410,98      |                   |
| 8/Ene/2014                               | 10              | 0  | 15  | 0   | 30  | 0   | 48  | 50  | 75  | 75  | 50  | 2,67 | 2015,09      |                   |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 15, se muestra el caudal del río Nila obtenido durante las seis fechas de muestreo en el tercer punto, donde el mayor caudal se registró en la cuarta fecha de muestreo, que es de 2742,86 dm<sup>3</sup>/s y el menor caudal es de 110,88 dm<sup>3</sup>/s el mismo que se obtuvo en la tercera fecha de muestreo.

## 4.9. Resultados del cuestionario

### 4.9.1. Análisis Multivariante de los resultados de los ítems de acuerdo a metodología Osgood

#### 4.9.1.1. Análisis factorial del componente principal de la matriz de correlación

**Tabla 16.** Cargas de factores rotados y comunalidades. Rotación Varimax

| Variable | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Factor 4 | Factor 5 | Factor 6 | Comunalidad |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| A        | -0,126   | 0,050    | -0,022   | -0,031   | -0,917   | 0,136    | 0,879       |
| B        | -0,115   | -0,114   | 0,084    | 0,193    | 0,131    | -0,908   | 0,912       |
| C        | -0,001   | -0,944   | 0,067    | -0,062   | 0,048    | -0,075   | 0,908       |
| D        | 0,507    | 0,065    | -0,502   | 0,253    | -0,426   | -0,112   | 0,772       |
| E        | -0,068   | -0,064   | 0,946    | 0,000    | -0,002   | -0,102   | 0,914       |
| F        | 0,667    | 0,541    | -0,054   | 0,047    | -0,047   | 0,131    | 0,761       |
| G        | 0,620    | 0,194    | -0,276   | -0,512   | -0,096   | -0,132   | 0,787       |
| H        | 0,783    | -0,105   | -0,173   | 0,201    | 0,180    | 0,059    | 0,730       |
| I        | 0,893    | -0,071   | -0,027   | -0,024   | -0,097   | -0,031   | 0,815       |
| J        | -0,078   | -0,126   | 0,091    | -0,899   | 0,014    | 0,242    | 0,897       |
| K        | 0,767    | 0,180    | 0,012    | -0,099   | 0,184    | 0,173    | 0,695       |
| Varianza | 3,1251   | 1,3102   | 1,2769   | 1,2293   | 1,1292   | 0,9993   | 9,0700      |
| % Var.   | 0,284    | 0,119    | 0,116    | 0,112    | 0,103    | 0,091    | 0,825       |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16, indica las variables introducidas para el análisis factorial, en la que se puede observar que el primer factor variable (i) corresponde a “Las especies de animales y plantas (de este sector) río Nila están desapareciendo”; en el segundo factor variable (c) presenta signo negativo el mismo que pertenece a “El agua del río Nila se puede consumir sin temor de enfermarse”; en el tercer factor variable (e) corresponde a “El río Nila es un recurso que podría usarse

para actividades recreativas (deportes, esparcimiento, turismo, etc.)”; en el cuarto factor variable (j) tiene signo negativo que corresponde a “Las orillas del río Nila se encuentran desprotegidas de vegetación”; en el quinto factor variable (a) tiene signo negativo que corresponde a “El agua del Río Nila es utilizada para el desarrollo de las actividades agropecuarias de la gente que habita en la ribera”; en el sexto y último factor variable (b) presenta signo negativo y el mismo corresponde a “El agua del río Nila, se utiliza con fines domésticos (preparación de alimentos, limpieza de las viviendas, lavado de ropa, aseo personal e higiene)”. Todas las variables empleadas para el respectivo análisis presentan comunales cercanas a (1).

**Tabla 17.** Cargas de factores rotados y comunales  
Rotación Varimax1

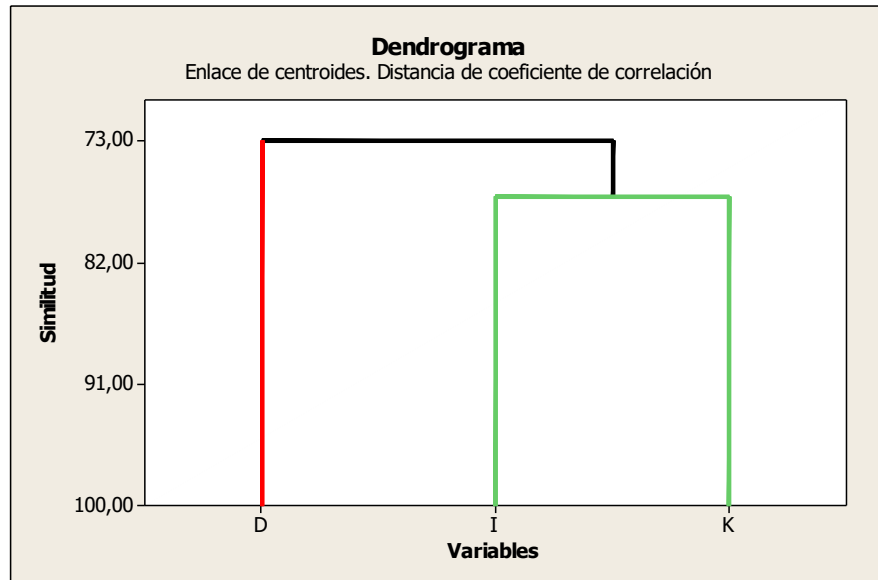
| <b>Variable</b> | <b>Factor 1</b> | <b>Factor 2</b> | <b>Comunalidad</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| <b>D</b>        | 0,117           | 0,932           | 0,881              |
| <b>F</b>        | 0,649           | 0,392           | 0,575              |
| <b>G</b>        | 0,453           | 0,581           | 0,543              |
| <b>H</b>        | 0,767           | 0,206           | 0,631              |
| <b>I</b>        | 0,733           | 0,431           | 0,723              |
| <b>K</b>        | 0,876           | 0,077           | 0,773              |
| <b>Varianza</b> | 2,5334          | 1,5933          | 4,1268             |
| <b>% Var.</b>   | 0,422           | 0,266           | 0,688              |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 17, se presentan las variables D,F,G,H,I,K, correspondientes a la primera extracción, donde la comunalidad de la variable D corresponde a una comunalidad de 0,881, mientras la comunalidad de la variable I es de 0,723 y, la variable K presenta una comunalidad de 0,773; es decir las comunales de estas tres variables son las más cercanas a (1) y por lo tanto se consideran para realizar el análisis de Clúster.

#### 4.9.1.2. Análisis de conglomerados de las variables: D. I. K

**Figura 12.** Dendrograma de los ítems más discriminantes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura 12 los ítems I, K se ubican en un conglomerado de color verde con un nivel de semejanza de 77,12% , esto quiere decir que son similares, mientras tanto que el ítem D, se encuentra ubicado en una segunda caja de color rojo con un nivel de semejanza de 72,99%.

**Tabla 18.** Ítems más discriminantes de la encuesta según la metodología de Osood

| CAJA | ITEMS | CONTENIDO DEL ITEMS                                                               | MODA<br>(Escala<br>Osgood) | EQUIVALENTE           |
|------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1    | I     | Las especies de animales y plantas (de este sector) río Nila están desapareciendo | 3                          | Totalmente de acuerdo |
| 1    | K     | En época lluviosa (de crecidas) el agua del río Nila es de color marrón           | 3                          | Totalmente en acuerdo |
| 2    | D     | El río Nila en época seca del año presenta olores desagradables                   | 1                          | Puede ser             |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 15, se puede notar la apreciación de los ítems más discriminantes debido a que la mayoría de las personas consultadas coinciden en la respuesta “Totalmente de acuerdo” en los ítem I que indica que las especies d animales y plantas río Nila están desapareciendo, en el ítem K se refiere a que en época lluviosa el agua del río Nila se vuelve de color marrón debido al arrastre de sedimentos o de la proliferación de bacterias fotosintéticas o de algas que tiñen las aguas de colores marrones; sin opción a realizar ninguna actividad pues las personas consultadas también coinciden en la respuesta “Totalmente en acuerdo”. Mientras en el ítem D las personas consultadas coincidieron en la respuesta “Puede ser”, este ítem enfatiza que en época seca el río Nila presenta olores desagradables, debido a la presencia de especies animales muertos.

#### 4.10. Propuesta de manejo

La Ley de Aguas codificación (2004), en su Título II de la Conservación y Contaminación de las Aguas y en su Capítulo I de la Conservación, menciona en su **Art. 20.- A fin de lograr las mejores disponibilidades de las aguas, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, prevendrá, en lo posible, la disminución de ellas, protegiendo y desarrollando las cuencas hidrográficas y efectuando los estudios de correspondientes. Las concesiones y planes de manejo de las fuentes y cuencas hídricas deben contemplar los aspectos culturales relacionados a ellas, de las poblaciones indígenas y locales.**

El crecimiento de las actividades socioeconómicas en la microcuenca del río “Nila” ha conllevado al cultivo de medianas y grandes extensiones de bosques para aprovechar la madera, y la cobertura vegetal aún existen es desbrozada para expandir la frontera agrícola y ganadera. Es imprescindible establecer áreas de protección hídrica, presupuesto y personal responsable.

##### 1. Áreas de protección hídrica

En primera instancia para la respectiva determinación de estas zonas es necesario garantizar el caudal indispensable, para que el ecosistema acuático pueda funcionar y desarrollarse con normalidad. Antes esta necesidad es necesario que se reforeste la zona donde se encuentra la zona de recarga acuífera ubicada al norte y sur de la microcuenca donde ya va a desembocar al río Congoma. El área correspondiente abarca una extensión de 7500 m, a las mismas que se propone sea reforestada con especies nativas. Para así incrementar el área de cultivo bajo prácticas sostenibles de conservación de suelos y de cultivos que tengan un valor agregado. En la tabla 16 se presenta las especies arbóreas y en la tabla 17 las especies arbustivas propuestas para la reforestación.

**Tabla 19.** Especies arbóreas nativas propuestas para la reforestación de la microcuenca del río “Nila”

| FAMILIA         | NOMBRE CIENTÍFICO               | NOMBRE VULGAR   |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| ARECACEAE       | <i>Iriartea deltoidea</i>       | Pambil          |
| ARECACEAE       | <i>Bactris minor</i>            | Corozo          |
| BIGNONIACEAE    | <i>Tabebuia chrysantha</i>      | Guayacán        |
| BORRAGINACEAE   | <i>Cordia alliodora</i>         | Laurel          |
| BURSERACEAE     | <i>Bursera graveolens</i>       | Palo santo      |
| CAESALPINIACEAE | <i>Brownea coccinea</i>         | Flor de mayo    |
| LAURACEAE       | <i>Ocotea sp nov [calade]</i>   | Cedro calade    |
| LEGUMINOSAE     | <i>Cassia siamea</i>            | Acacia          |
| MIMOSACEAE      | <i>Pseudosamanea guachapele</i> | Guachapelí      |
| MIMOSACEAE      | <i>MSamanea saman</i>           | Samán           |
| MORACEAE        | <i>Clarisia racemosa</i>        | Moral bobo      |
| MORACEAE        | <i>Ficus insipida</i>           | Higuerón de río |
| POLYGONACEAE    | <i>Triplaris cumingiana</i>     | Fernánsánchez   |
| RHAMNACEAE      | <i>Ziziphus thyrsoiflora</i>    | Ébano           |
| SAPOTACEAE      | <i>Chrysophyllum argenteum</i>  | Caimito         |
| ULMACEAE        | <i>Trema michranta</i>          | Sapán de paloma |
| VERBENACEAE     | <i>Aegiphila alba</i>           | Tutumbe         |

Fue  
nte:  
Elab  
oraci  
ón  
prop  
ia

**Tabla 20.** Especies arbustivas nativas propuestas para la reforestación de la microcuenca del río “Nila”

| FAMILIA          | NOMBRE CIENTÍFICO                           | NOMBRE VULGAR        |
|------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| APOSYNACEAE      | <i>Vallesia glabra</i>                      | Perilla              |
| ASTERACEAE       | <i>Vernonanthura patens (Kunth) H. Rob.</i> | Laritaco             |
| BORAGINACEAE     | <i>Cordia lutea Lam.</i>                    | Overall              |
| CAESALPINIACEAE  | <i>Bauhinia sp.</i>                         | Espino Blanco        |
| CAESALPINIACEAE  | <i>Bauhinia aculeata L.</i>                 | Uña de gato          |
| COCHLOSPERMACEAE | <i>CCochlospermum vitifolium</i>            | Jaboncillo Arbusto   |
| CONVOLVULACEAE   | <i>Ipomea carnea</i>                        | Florón               |
| CYCLANTHACEAE    | <i>Carludovica Palmata</i>                  | Toquilla             |
| EUPHORBIACEAE    | <i>Jatropha curcas L.</i>                   | Piñón                |
| FABACEAE         | <i>Geoffroea spinosa</i>                    | Seca                 |
| MIMOSACEAE       | <i>Mimosa pigra L</i>                       | Sierrilla, Dormilona |
| MIMOSACEAE       | <i>Neptunia oleracea</i>                    | Algarrobo            |
| MUSACEAE         | <i>Heliconia bihai L</i>                    | Bijao                |
| SOLANACEAE       | <i>Acnistus arborescens (L.) Schltld.</i>   | Pico Pico            |
| VERBENACEAE      | <i>Citharexylum poeppigii Walp.</i>         | Café de campo        |

Fuente: Elaboración propia

La intención que se tiene al proponer el plan de manejo, es de regresar al escenario original para aumentar la capacidad de retención y abastecimiento de agua para el ecosistema, garantizando así salvaguardar la vida acuática. Dado que por el desempeño de las actividades agropecuarias ha causado mayor impacto en la zona hídrica. En la presente propuesta de plan de manejo no solo se quiere regular la pérdida de agua en épocas de estiaje, sino que se centra a mejorar las condiciones naturales de la microcuenca del río “Nila” para tener un desarrollo de la flora y fauna

## 2. Presupuesto

**Tabla 20.** Presupuesto para la restauración de la microcuenca Nila

| <b>PRESUPUESTO (1 año)</b> |                                  |                     |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|
| <b>Concepto</b>            |                                  | <b>Precio (USD)</b> |
| <b>EGRESOS</b>             | Establecimiento de la plantación | 155.034,32          |
|                            | Manejo silvicultural             | 5´231.819,69        |
|                            | Imprevistos (5%)                 | 273.811,80          |
|                            | Subtotal 1                       | 5´476.231,09        |
| <b>INGRESOS</b>            | Comercialización de la madera    | 10´618.027,50       |
|                            | Subtotal 2                       | 10´618.027,50       |
| <b>TOTAL</b>               | Ganancias valoradas              | 5´141.796,41        |

**Fuente:** Elaboración propia

## 3. Responsable

La entidad encargada de velar por la conservación de las cuencas, microcuencas y subcuencas, es el Gobierno Autónomo Descentralizado de la de Los Ríos, Zona Norte la Prefectura. Es necesario realizar alianzas entre los moradores y la entidad encargada, así se tendrá una difusión de la importancia y beneficios que tienen y prestan los recursos naturales; una de las formas de concienciar a la población y mostrar mediante este medio las consecuencias de

una sobreexplotación o un mal uso; y también resaltar la importancia de la conservación de los recursos naturales en la microcuenca. La Prefectura se encargara de coordinar y ejecutar conjuntamente con los moradores de la microcuenca la propuesta de manejo el cual contiene objetivos y metas.

**OBJETIVO 1: PARTICIPAR EN EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA MICROCUENCA NILA.**

Involucrar a los moradores de la microcuenca Nila en la elaboración e implementación del plan de manejo, para promover y fortalecer la participación u organización comunitaria en lo que respecta a los procesos de gestión ambiental.

**META 1: PROTECCIÓN DE LA MICROCUENCA NILA**

Proteger la zona alta, media y baja de la microcuenca con el apoyo de los moradores a fin de garantizar una buena calidad del agua y permanente disponibilidad.

**OBJETIVO 2: RECONSTRUIR EL ESCENARIO PRIMITIVO DE LA MICROCUENCA NILA**

Promover la reforestación con especies arbóreas y arbustivas nativas en las zonas que se encuentren ecológicamente degradadas en la microcuenca. Para recuperar el escenario natural y cobertura vegetal; con el fin de tener una mejor capacidad de almacenamiento hídrico.

**META 2: INICIAR UN PROCESO DE REFORESTACIÓN**

Incrementar el área de cultivo bajo prácticas sostenibles de conservación de suelos y de cultivo en las zonas prioritarias.

.

### **OBJETIVO 3: DESARROLLO ECOTURÍSTICO EN LA MICROCUENCA**

La zona se convierta en un centro turístico conservando el medio ambiente y compartiendo las tradiciones de conocimiento agrícola.

### **META 3: GARANTIZAR UN DESARROLLO ECONÓMICO SUSTENTABLE PARA LOS MORADORES DE LA MICROCUENCA**

Alternativa para mejorar los ingresos económicos a los moradores que se asientan en la microcuenca.

### **OBJETIVO 4: EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Desarrollar talleres con funcionarios capacitados, para que los moradores conozcan la importancia de conservar los recursos hídricos.

### **META 4: CONTRIBUIR EN EL MANEJO ADECUADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

Contar con la participación de los moradores que permita promover cambios en la aptitud y actitud que conlleven a una relación armónica entre el entorno (medio ambiente) y los moradores.

#### **4.11. Discusión**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede destacar lo siguiente:

En lo que se refiere a la caracterización de las condiciones socioeconómicas del área de influencia de la microcuenca del río Nila, la base principal de la economía de los moradores es la agricultura, ya que la mayoría (50%) de los moradores son agricultores; dado que la microcuenca se ubica específicamente en el cantón Buena Fe, el mismo que cuenta con una participación significativa en el contexto de la economía del país en lo que respecta a la producción agrícola y otros son jornaleros, de acuerdo con datos del PDOT Buena Fe Provincia de Los Ríos (2011). Algo parecido sucede en la microcuenca Lechugal que los pobladores son netamente agricultores, tienen pequeños terrenos que se dedican a cultivarlos diariamente (Guime, 2014). Esto indica que en nuestro país la agricultura es la base principal de la económica; existen áreas óptimas para el cultivo tomando en consideración las condiciones edafoclimáticas (temperatura, precipitación, altitud, pendiente y tipo de suelo).

De acuerdo al cuestionario empleado se pudo constatar que los moradores del área de influencia de la microcuenca no cuentan con un centro de atención médico, dado que la microcuenca se encuentra ubicada en una zona rural por lo que tienen que recurrir hasta Buena Fe. En lo que respecta a la educación los moradores que se asientan en la microcuenca río Nila cuentan con un centro educativo fiscal que es la Escuela de Educación Básica “Jorge Reyes”.

En cuanto a la caracterización biofísica de la microcuenca del río Nila se tomó en consideración el medio físico y biótico. En el medio físico según lo descrito por Proaño (2009) el recurso suelo se compone de rocas que pertenecen a la formación Baba con cercanías a Terrazas pertenecientes a las edades geológicas Plio – pleistoceno y del Pleistoceno respectivamente, presentando terrazas sub-horizontales de elevaciones bajas y con una pendiente suave.

El medio biótico de la microcuenca del río Nila se pudo observar especies madereras moral fino (*Maclura tinctoria (L.) d. Don es Steud*), caucho (*Ficus elástica Roxb*), cacao (*Teobroma cacao*), boya (*Heliocarpus americanus*), ornamentales clavellina (*Dianthus chinensis*), flor de mayo, campanilla (*Campanula carpatica*), sábila (*Aloe vera*), palma de iglesia (*Cycas revoluta*), dondiego de noche (*Mirabilis jalapa*), vinca rosa (*Catharanthus roseus*), alhelí de invierno (*Matthiola incana*), drago (*Dracaena deremensis*) y frutales: carambola (*Aboraha carmbola*), papaya (*Carica papaya*), mango (*Mangifera indica*), plátano (*Musa paradisiaca*), mandarina (*Citrus reticulata*), aguacate (*Persea americana*), naranja (*Naranjus*), limón (*Citrus aurantifolia*), arazá (*Eugenia stipitata*). En lo que concierne a la fauna se pudo apreciar mamíferos: perros (*Canis lupus familiaris*) gatos (*Felis silvestris catus*), vacas (*Bos primigenius Taurus*), caballos (*Equus ferus caballus*), cerdos (*Sus scrofa domestica*), burros (*Equus africanus asinus*), aves: palomas (*Columbia livia*), patos (*Anas domesticus*), gallinas (*Gallus gallus domesticus*), pavos (*Meleagris gallopavo*), anfibios: lagartijas (*Podarcis*), culebras (*Oxyrhopus rhombifer*) e insectos: hormigas (*Solenopsis*), cucarachas (*Blatta orientalis*), grillos (*Gryllidae*), mariposas (*Libélula Aeshna Cyanea*), luciérnagas (*Lampyridae*), saltamonte (*Tetigonia viridissima*), libélula (*Aeshna cyanea*), zancudo (*Anopheles gambiae*).

El aporte (precipitación) en la microcuenca del río Nila se obtuvo una precipitación máxima de 3579 mm en la cota 250 msnm y una precipitación mínima de 2339,08 mm en la cota 120 msnm. Mientras Macas (2003) registro valores de 2722 mm en la cota más baja 140 msnm alcanzando los 4577 mm en la cota 1000 msnm. La diferencia de los valores registrados de precipitación en ambos estudios se debe a que Macas realizó la investigación en La Maná y en función de la altitud se encuentra más cerca del nivel del mar; es decir a mayor altitud se va a tener mayor precipitación.

Pérdida de agua (evapotranspiración potencial) en la microcuenca río Nila se obtuvo un valor máximo de 1519,49 mm y un mínimo de 1390,97 mm. Mientras que Macas (2003) obtuvo valores de 2620 mm en la cota más baja y 3640 mm

en la cota altitudinal de 1000 msnm. Esto indica que la evapotranspiración puede variar según el lugar; y que puede subir y bajar dependiendo de la altitud.

El parámetro Oxígeno Disuelto analizado en la microcuenca del río “Nila” registró valores que oscilan entre 8,50 y 5,30 mg/l, en las seis semanas de monitoreo en los tres puntos de muestreo; lo que diverge con los resultados de Mena (2014) que presentan concentraciones de oxígeno disuelto entre 6,6 y 1,6 mg/l en la microcuenca del estero “Valencia”, puesto que en el Nila las aportaciones de contaminantes son menos importantes que en el caso de Valencia. Por su parte, Bajaña (2010) obtuvo valores de oxígeno disuelto que oscilan entre 10,53 y 10,49 en la microcuenca el “Sapanal”, entonces se puede inferir, en base al criterio de demanda de oxígeno por presencia de vegetación flotante, que los valores encontrados en las dos primeras investigaciones se dan por la escasa presencia de plantas acuáticas, las mismas que consumen un alto porcentaje de oxígeno disuelto muy por el contrario en la microcuenca el Sapanal. Así, en el caso del área de estudio en la presente investigación y en El Sapanal, los valores se encuentran dentro de los límites permisibles del TULSMA que es de no menos a 5 mg/l, pero en estero Valencia no.

Cabe mencionar que los valores registrados de la medición de la conductividad eléctrica oscilan entre 119, 5 y 82,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que Mena (2012) obtuvo valores entre 221 y 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Reiterando de esta manera que las investigaciones realizadas en las diferentes microcuencas se encuentran dentro de los límites permisibles según la OMS siendo 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Al estar los valores dentro de la normativa radica en que no hay ninguna intrusión salina u otras fuentes de contaminación en las microcuencas. Concordando con lo descrito por el SENAMHI (2008) que la importancia de la conductividad eléctrica radica en que permite estimar cuantitativamente los sólidos totales disueltos (STD) en una muestra de agua; se tiene entonces que el valor máximo y mínimo de sólidos totales disueltos (STD) se encuentran comprendidas entre 57 y 38 mg/l, durante las seis semanas de muestreo, lo

que discrepa con Mena (2014), que registro valores más altos que están entre 100 y 60 mg/l. Estos valores no exceden la normativa.

En tanto los valores de la temperatura del agua que se registraron van entre 28,2 y 23,1 °C. Por tal razón se puede mencionar que los valores obtenidos en la microcuenca del río “Nila” están dentro de los límites permisibles del TULSMA que es de máxima 32° C según la tabla 3 **“Criterios para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”**. La razón de cumplimiento radica en que no hay fuentes que aporten significativamente calor a las masas de agua del estero.

Los valores registrados de potencial de hidrógeno de la microcuenca del río “Nila” oscilan entre 8,3 y 6,8. Por su parte, Bajaña (2010) en su investigación registro valores de 6,54 y 6,53 excediendo los **“Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional”**. Por lo que comparativamente, se puede establecer que el Nila tiene niveles normales de pH, a diferencia de otras microcuencas, como la del Sapanal que ya registran niveles de contaminación y alteración del pH que desequilibran las condiciones de vida en el ecosistema.

Los resultados obtenidos de cadmio presente en el agua es menor a 0,0004 mg/l, esto coincide con el estudio realizado en la microcuenca “Valencia” por Mena (2014), encontrándose estos valores dentro del límite permisible establecido por el TULSMA que es de 0,001 (TULSMA). Esto indica que las aguas de las diferentes microcuencas de estudio no se hallaron contaminadas por descargas de desechos industriales o por lixiviación de áreas de relleno sanitario. Por otra parte el metal pesado hierro en el estudio realizado en la microcuenca del río “Nila” presenta valores entre 0,2878 y 0,176 mg/l, en cambio Mena (2014) obtuvo valores de 0,1090 y 0,0739 mg/l. A pesar de la diferencia entre los valores registrados, estos se encuentran dentro del límite permisible establecido por el TULSMA que es de 0,3 (TULSMA).

Durante las campañas de aforo se registraron desórdenes en los caudales, dando así un caudal máximo de 3993,9 dm<sup>3</sup>/s y un caudal mínimo de 110,88 dm<sup>3</sup>/s. La variación del caudal depende de la época en la que se efectuó la investigación, dado que empezó que en las últimas fechas de muestreo empezó a disminuir paulatinamente

La propuesta de manejo sostenible para la microcuenca del río Nila contiene objetivos y metas, los mismos que están enfocados en el recurso hídrico, para tener una mejor utilización de los mismos delimitando las zonas de protección. La propuesta de manejo está enfocada en propender a la protección y desarrollo de las microcuencas.

## **CAPÍTULO V**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

## 5.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- En lo que respecta a las condiciones socioeconómicas del área de influencia de la microcuenca, esta se encuentra distribuida de la siguiente manera: economía, salud y educación. La base de la económica principal de los moradores es la agricultura, donde prevalece la producción de cacao, café, maíz; por otra parte el apoyo social que reciben por parte del gobierno es otro ingreso para ellos. No cuentan con un centro médico; y en lo que respecta a la educación en el área de influencia se encuentra un centro educativo fiscal.
- Mediante la observación directa y la entrevista se pudo registrar la existencia florística representativa como: moral fino (***Maclura tinctoria (L.) d. Don es Steud***), caucho (***Ficus elástica Roxb***), cacao (***Teobroma cacao***), boya (***Heliocarpus americanus***), ornamentales clavellina (***Dianthus chinensis***), flor de mayo, campanilla (***Campanula carpatica***), sábila (***Aloe vera***), palma de iglesia (***Cycas revoluta***), dondiego de noche (***Mirabilis jalapa***), vinca rosa (***Catharanthus roseus***), alhelí de invierno (***Matthiola incana***), drago (***Dracaena deremensis***) y frutales: carambola (***Aboraha carmbola***), papaya (***Carica papaya***), mango (***Mangifera indica***), plátano (***Musa paradisiaca***), mandarina (***Citrus reticulata***), aguacate (***Persea americana***), naranja (***Naranjus***), limón (***Citrus aurantifolia***), arazá (***Eugenia stipitata***), y se logró tener una visión de las condiciones naturales anteriormente existentes.
- El aporte (precipitación) de agua que se determinó dentro de la microcuenca es de 3445,40 mm promedio anual, considerando que en la cota baja de 120 msnm se presentó una precipitación de 2339,08 mm y en la cota 250 msnm se estimó un valor de 3579,28 mm

- La cantidad de agua que se pierde en la microcuenca (evapotranspiración potencial) es de 1512,13 mm promedio anual, este valor puede variar en función de la altitud.
- Al comparar los parámetros físicos – químicos con los límites permisibles establecidos del TULSMA, EPA y OMS; se determinó que se encuentran dentro lo señalado. Salvo el caso del parámetro físico STD (sólidos totales disueltos) que en algunas fechas se registraron valores de 51, 52, 54, 55, y 57 mg/l; que supera los límites máximos permisibles del EPA de 50 mg/l.
- En el punto 2 se obtuvo un caudal máximo de 3993,90 dm<sup>3</sup>/s, mientras que en el en el punto 3 se registró un caudal mínimo de 110,88 dm<sup>3</sup>/s.
- Los problemas ambientales que mayor importancia tienen en la microcuenca del río Nila son los siguientes: las especies de animales y plantas están desapareciendo a causa de una falta de concientización en la población; otro es que en época lluviosa el agua del río Nila se torna de color marrón debido al arrastre de sedimentos o de la proliferación de bacterias fotosintéticas o de algas que tiñen las aguas de colores marrones, razón por la cual no puede ser utilizada para ninguna actividad, y por consiguiente, en la época seca se puede presenciar olores desagradables por la presencia de animales muertos en el río Nila.
- El plan de manejo se realizó en función de las necesidades de desarrollo de los habitantes de la microcuenca y de la necesidad que se tiene para preservar los recursos naturales existentes, con la finalidad de alcanzar el desarrollo sostenible.
- Se acepta la hipótesis nula planteada **“Los recursos hídricos de la microcuenca del río “Nila” no son afectados en la calidad como consecuencia del desarrollo poblacional.”**

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios o investigaciones que conlleven a ejecutar programas de desarrollo agrícola implementando técnicas amigables con el ambiente para así tener una mejor conservación de suelos y agua. Pues también realizar estudios faunísticos y florísticos para tener conocimiento como fue escenario natural para en algún momento realizar su reconstrucción.
- Con los datos obtenidos de precipitación y evapotranspiración potencial se recomienda se realicen estudios para conocer qué especies son sensibles; y cuáles podrían adaptarse a una mayor o menor precipitación. Y por consiguiente, también a una mayor o menor evapotranspiración.
- Realizar redes de monitoreo continuos en diferentes transectos de los ríos, para establecer si con el tiempo existe alteraciones en la calidad y cantidad del agua de la microcuenca.
- Ampliar las posibilidades de desarrollar más investigaciones de este tipo en los diferentes cursos fluviales de la provincia de Los Ríos, para tener un mayor conocimiento de los problemas ambientales que se presentan con el paso del tiempo.
- La Unidad de Gestión Ambiental y Riesgo del Gobierno Autónomo Descentralizado de Los Ríos Zona Norte – Prefectura, debería realizar un análisis de este documento, a fin de que desarrolle programas de concienciación, con el objetivo de generar una actitud de protección y manejo de microcuencas.
- La Facultad de Ciencias Ambientales deberá desarrollar proyectos ambientales que conlleven al uso sostenible de los recursos hídricos del cantón, y que se pueda contar con la participación interinstitucional de las autoridades seccionales y estatales.

## **CAPÍTULO VI**

### **Bibliografía**

## 6.1. Fuente bibliográfica

- Arellano, J. (2013). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el teñido en la curtiduría Tungurahua S.A. Tesis de grado previo a la obtención del título Ingeniera en Biotecnología Ambiental. Riobamba – Ecuador. Escuela Superior Técnica de Chimborazo. pp. 21
- Arrueta, M. (2009). Balance hídrico y análisis de las relaciones precipitación escurrentía en la microcuenca de la Quebrada El Gallo, San Antonio de Oriente. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano carrera de agroindustria alimentaria. p. 10. Recuperado de: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/259/1/T2730.pdf>
- Arumí, J.; De La Fuente, L.; Vargas, J. (2012). Balance hídrico mensual de una cuenca Patagónica de Chile: Aplicación de un modelo parsimonioso (en línea). Recuperado de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071828132012000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071828132012000200003&script=sci_arttext)
- Avilés, E. (2012). GUAYAS, Cuenca del Río (en línea). Recuperado en: <http://www.encyclopediadelecuador.com/temasOpt.php?Ind=998&Let=>
- Bahamondes, R.; Gaete, N. (2000). Manejo de cuencas hidrográficas (en línea). Recuperado de: [www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29050.pdf](http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29050.pdf)
- Basantes, E. (2010). Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. Imprenta La Unión. Quito, Ecuador. p. 433
- Biot, Y.; Grada, C.; Palahí, M. (2011). What Science Can Tell Us. Agua para los Bosques y la Sociedad en el Mediterráneo – Un difícil equilibrio. Roma, Italia. pp. 20, 32 – 33, 41, 52 Recuperado de:

[http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi\\_what\\_science\\_can\\_tell\\_us\\_1\\_2011\\_sp.pdf](http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_what_science_can_tell_us_1_2011_sp.pdf)

Bruijnzeel, L.A. y Hamilton, L.S. (2000) Decision Time for Cloud Forests. .UNESCO,IUCN,WWF, 39 pp.

Cea, M. (1999). Metodología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social. Madrid, España.

Córdoba, A. (2002). Calidad del agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del Río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua (en línea). Recuperado de: [http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Tesis/Cali da%20Agua%20Jucuapa%20Matagalpa2002\\_TESIS.pdf](http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Tesis/Cali da%20Agua%20Jucuapa%20Matagalpa2002_TESIS.pdf)

Davis, M.; Cornwell, D. (1998). Introduction to Environmental Engineering, McGraw Hill, Series in Water Resources and Environmental Engineering. p. 224

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (2001). Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards (en línea). Recuperado de: [http://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water\\_Quality.pdf](http://www.epa.ie/pubs/advice/water/quality/Water_Quality.pdf)

FAO. (s/f). La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales (en línea). Recuperado de: <http://www.fao.org/climatechange/3032907fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>

Gámez, W. (2009). Texto básico de hidrología: La Cuenca Hidrográfica (en línea). pp. 29 – 30. Recuperado de: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10G192.pdf>

García, I.; Martínez, A.; Vidriales, G. (2003). Balance Hídrico de la Cuenca del Río Pixquiac: Delimitación de zonas prioritarias y evaluación de los mecanismos existentes para pago de Servicios Ambientales Hidrológicos en la Cuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México. Documento técnico. Recuperado de: [http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/01\\_Anexo1\\_INFORME\\_BALANCE\\_HIDRICO1.pdf](http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/01_Anexo1_INFORME_BALANCE_HIDRICO1.pdf)

Gutiérrez, J. (2002). Valoración económica del servicio ambiental hídrico en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, y propuesta para su incorporación en la tarifa hídrica, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de grado previo a la obtención del título de Magister Scientiae. Turrialba - Costa Rica. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Programa de educación para el desarrollo y la conservación. Escuela de posgrado. pp. 7 – 9. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0127E/A0127E.PDF>

Hamilton, L.S., Juvik, J.O. y Scatena, F.N. (Editores, 1995) Tropical Montane Cloud Forests, Ecological Studies Vol.110, Springer-Verlag, Ann Arbor, 407pp.

HIDROMET. (2009). Evapotranspiración Potencial (en línea). Recuperado de: [http://www.hidromet.com.pa/balance\\_hidrico.php](http://www.hidromet.com.pa/balance_hidrico.php)

INFOIARNA. (2000). Ciclo Hidrológico (en línea). Recuperado de: [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/.../3/1\\_El\\_ciclo\\_hidrologico.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/.../3/1_El_ciclo_hidrologico.pdf)

Ley de Aguas. (2004). Título II de la Conservación y Contaminación de las Aguas y en su Capítulo I de la Conservación (en línea). Recuperado de: [http://www.dirnea.org/data/leyes\\_y\\_reglamentos/Leyes%20Maritimas%20PDF/LEY%20DE%20AGUAS.pdf](http://www.dirnea.org/data/leyes_y_reglamentos/Leyes%20Maritimas%20PDF/LEY%20DE%20AGUAS.pdf)

Macas, E. (2003). Caracterización biofísica del cantón La Maná utilizando Sistema de Información Geográfica. Tesis de grado previo a la obtención del título Ingeniero en Gestión Ambiental. Quevedo – Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. p.46

Malacatos, R. (2012). Plan de manejo ambiental de la microcuenca El Cordoncillo en la comuna Tundurama, parroquia Santa Teresita, cantón Espíndola, provincia de Loja. Tesis de grado previo a la obtención del título Ingeniero en Gestión Ambiental. Loja – Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja. pp.10 – 11

MEDIAMBIENTE. (2010). Parámetros Físico – Químicos de la calidad del agua (en línea). Recuperado de: <http://medioambientes.com/2010/10/93emáticas93-fisico-quimicos-calidad-del-agua.html>

Mena, M. (2014). Propuesta de plan de manejo para la recuperación del estero Valencia, Provincia de Los Ríos, año 2012. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental. Quevedo – Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. pp. 43 – 49

Mendoza, B. (2010). Diagnóstico y propuesta para la conservación de la microcuenca del río Chibunga (en línea). Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/37820738/diagnostico-y-propuesta-para-la-conservacion-de-la-microcuenca-del-rio-chibunga>

Molina, J.; Espinoza, D. (2005). Balance Hídrico Superficial de la cuenca alta del río Pilcomayo (en línea). Recuperado de: [http://www.orehybam.org/.../2005\\_Molina\\_Pilcomayo\\_BilanHydrique.pdf](http://www.orehybam.org/.../2005_Molina_Pilcomayo_BilanHydrique.pdf)

Moun, C; Moulton, P. (1991). Monitoring Guidelines to Evaluate Effects of Forestry Activities on Streams in Pacific Northwest and Alaska. EPA (en línea). Recuperado de:

<http://www.co.pierce.wa.us/.../Optimal%20Water%20Quality%20Standard%20for%20Aquatic%20Ecosyst...>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (2008). Hojas de Información microbiológicas. (En línea). Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_11.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_11.pdf)

Peña, E. (2010). Calidad de agua: Oxígeno Disuelto (en línea). Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/2/Oxigeno%20disuelto%20Evelyn%20Pe%C3%B1a.pdf>

PNUMA. (2005). Manual de Manejo de Cuencas: Planificación para el Manejo de Cuencas módulo 5 (en línea). Recuperado de: <http://www.pnuma.org/deramb/actividades/gobernanza/cd/Biblioteca/Capacitacion%20cuencas/Modulo5.pdf>

Praus, S; Jiménez, F; Faustino, J. (2005). Propuestas de ejes de sistematización de experiencias en cogestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica, Programa Focuenas II-ASDI. p.17

PREQB. (2004). Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, Puerto Rico Calidad del Agua de inventario y lista de Deterioro. Informe Final (en línea). Recuperado de: <http://atlas.ambiente.gov.ar/94emáticas/Ph.pdf>

Proaño, G. (2006). Informe Geológico y Geomorfológico para el diseño del puente angosto, ubicado sobre el Río Peripa y localizado en la vía Los Ángeles - El Paraíso, en el Cantón Buena Fé, Provincia de Los Ríos (en línea). Recuperado de: [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5885/1/INFORME\\_GEOLOGICO\\_Y\\_GEOMORFOLOGICO\\_para\\_DISE%C3%91O.doc](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5885/1/INFORME_GEOLOGICO_Y_GEOMORFOLOGICO_para_DISE%C3%91O.doc).

Ramsar. (2008). Disponibilidad de agua (en línea). Recuperado de: <http://www.ramsar.org/pdf/wwd/8/cd/wwd2008-a09-sp%20water.pdf>

Rodríguez. A. (2008). Características fisicoquímicas y calidad bacteriológica de las aguas en dos subcuencas del río Botanamo, Estado Bolívar, Venezuela (en línea). Consultado 17 may. 2012. Disponible en: [http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TESIS\\_POSTGRADO/MAESTRIAS/CIENCIAS\\_AMBIENTALES/TGMTDR63A582008AntonioRodriguez.pdf](http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TESIS_POSTGRADO/MAESTRIAS/CIENCIAS_AMBIENTALES/TGMTDR63A582008AntonioRodriguez.pdf)

SENAMHI. (2008). Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú (en línea). Recuperado de: [http://www.senamhi.gob.pe/main\\_down.php?ub=est&id...monCalAgua...](http://www.senamhi.gob.pe/main_down.php?ub=est&id...monCalAgua...)

Stadtmuller, T. (1987) Los bosques nublados en el trópico húmedo, UNU, CATIE, Turrialba, 85pp.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE D.E. 3399 R.O. 725, Diciembre 16, 2002 y D.E. 3516 R.O. Edición Especial N° 2, Marzo 31, 2003. Libro VI De la Calidad Ambiental. Anexo 1. Recuperado de: <http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

Torres, F. (2009). Desarrollo y aplicación de un índice de calidad de agua para ríos en Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. Tesis de grado previo a la obtención del título Maestro en Ciencias. Mayagüez – Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez. pp. 26 – 27. Recuperado de: [http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf)

Tubay, R. (2013). La contaminación de las playas en los sectores “los tamarindos y peñón del diablo”, generada por el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales del gobierno autónomo descentralizado del cantón Jaramijó y su influencia en la salud de sus habitantes, durante el segundo semestre del año 2013. Manabí – Ecuador. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. pp. 26

Turcios, E.; Bonilla, F. (2011). Caracterización hidrogeológica de la microcuenca San Esteban en cantón el volcán, san miguel, para determinar su explotación con fines de consumo humano. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Civill. San Miguel – El Salvador. Universidad de Oriente. p. 12. Recuperado de: [http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021530/021530\\_Cap1.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021530/021530_Cap1.pdf)

Umaña, E. (2002). Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Taller de capacitación “Educación ambiental con enfoque e cuencas y prevención de desastres. San Nicolás, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. p. 4. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

Vizcarra, A.; Cherres, G. (2008). Evaluación de los factores climáticos y fisiográficos en el ecosistema de la microcuenca Chozorrumi del cantón San Miguel provincia de Bolívar. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroforestal. Guaranda – Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. pp. 28 – 29. Recuperado de: <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/182/1/TESIS.pdf>

Zambrano. L. (2014). Provincia de Los Ríos cantón Buena Fé programa de trabajo (en línea). Recuperado de: [http://vototransparente.ec/apps/elecciones-2014/images/planes\\_trabajo/LOS%20RIOS/ALCALDES%20MUNICIPALES/BUENA%20FE/LISTAS%2035/LISTAS%2035.pdf](http://vototransparente.ec/apps/elecciones-2014/images/planes_trabajo/LOS%20RIOS/ALCALDES%20MUNICIPALES/BUENA%20FE/LISTAS%2035/LISTAS%2035.pdf)

## **CAPÍTULO VII**

### **Anexos**

## 7.1. Anexos

### Anexo 1. Cuestionario aplicado a los moradores del sector

#### INFORMACIÓN GENERAL:

Nombre del informante:.....  
Sector:.....  
Cantón:.....  
Provincia:.....  
Nombre de la microcuenca:.....  
Fecha:.....

#### CUESTIONARIO SOCIO – AMBIENTAL

##### ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

1. Actividad económica u ocupación principal de jefe de familia.

|             |     |           |     |
|-------------|-----|-----------|-----|
| Agricultor  | ( ) | Jornalero | ( ) |
| Comerciante | ( ) | Otra      | ( ) |
| Artesano    | ( ) |           |     |

2. El ingreso familiar cubre los gastos:

|              |     |            |     |
|--------------|-----|------------|-----|
| Alimentación | ( ) | Transporte | ( ) |
| Medicina     | ( ) | Otra       | ( ) |
| Educación    | ( ) |            |     |

3. La vivienda en la que habita cuenta con:

|                    |     |                       |     |
|--------------------|-----|-----------------------|-----|
| Servicio higiénico | ( ) | Teléfono              | ( ) |
| Luz eléctrica      | ( ) | Recolección de basura | ( ) |
| Agua potable       | ( ) |                       |     |

4. Reciben algún apoyo (asesoramiento o contribución) por parte de una institución o del gobierno.

SI.....

NO.....

##### ASPECTOS AMBIENTALES

TD= Totalmente en desacuerdo

ED= Estoy en desacuerdo

NS= No puede ser

NC= No conozco, no opino

PS= Puede ser

EA= Estoy en acuerdo

TA= Totalmente de acuerdo

- a. El agua del Río Nila es utilizada para el desarrollo de las actividades agropecuarias de la gente que habita en la ribera.

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- b. El agua del río Nila, se utiliza con fines domésticos (preparación de alimentos, limpieza de las viviendas, lavado de ropa, aseo personal e higiene)

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- c. El agua del río Nila se puede consumir sin temor de enfermarse

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- d. El río Nila en época seca del año presenta olores desagradables

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- e. El río Nila es un recurso que podría usarse para actividades recreativas (deportes, esparcimiento, turismo, etc.)

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- f. Las actividades agrícolas, afecta la calidad del agua del Río Nila

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- g. Algunas personas descargan aguas servidas o agroindustriales en el afluente del río Nila

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- h. Se sigue deforestando la zona, para cultivar y criar ganado

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- i. Las especies de animales y plantas (de este sector) río Nila están desapareciendo

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- j. Las orillas del río Nila se encuentran desprotegidas de vegetación

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

- k. En la época lluviosa (de crecidas) el agua del río Nila es de color marrón

| TD | ED | NS | NC | PS | EA | TA |
|----|----|----|----|----|----|----|
| -3 | -2 | -1 | 0  | 1  | 2  | 3  |

## Anexo 2. Análisis de componente principal: A. B. C. D. E. F. G. H. I. J. K

Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

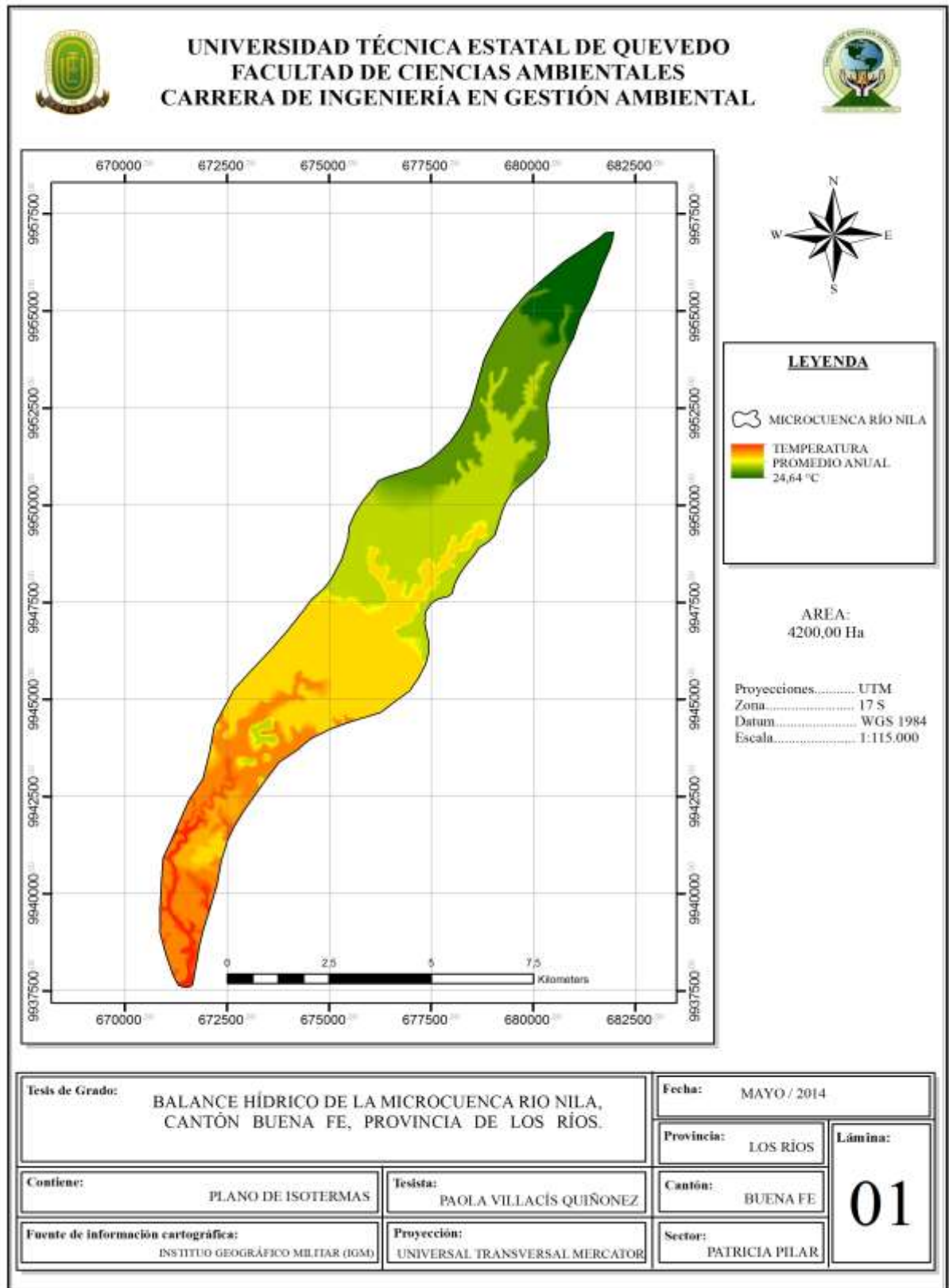
|              |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valor propio | 3,5382 | 1,5148 | 1,4329 | 1,0930 | 0,8290 | 0,6622 | 0,6093 | 0,5412 |
| Proporción   | 0,322  | 0,138  | 0,130  | 0,099  | 0,075  | 0,060  | 0,055  | 0,049  |
| Acumulada    | 0,322  | 0,459  | 0,590  | 0,689  | 0,764  | 0,825  | 0,880  | 0,929  |

|              |        |        |        |
|--------------|--------|--------|--------|
| Valor propio | 0,3743 | 0,2251 | 0,1801 |
| Proporción   | 0,034  | 0,020  | 0,016  |
| Acumulada    | 0,963  | 0,984  | 1,000  |

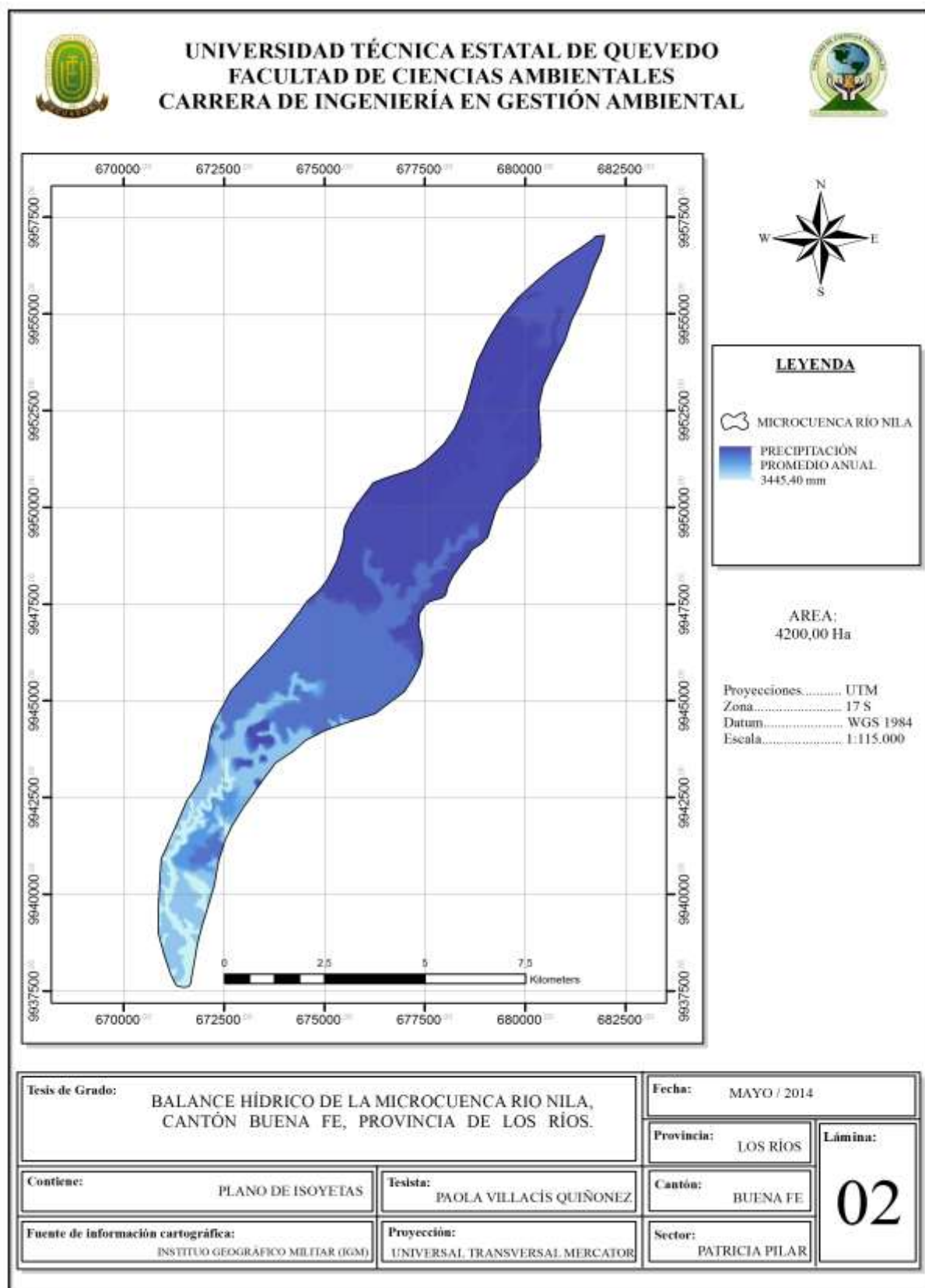
| Variable | PC1    | PC2    | PC3    | PC4    | PC5    | PC6    | PC7    | PC8    |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A        | -0,013 | -0,390 | -0,427 | -0,292 | 0,594  | -0,046 | -0,342 | -0,272 |
| B        | -0,140 | 0,584  | -0,062 | -0,020 | 0,061  | -0,693 | -0,371 | -0,035 |
| C        | -0,148 | 0,252  | 0,374  | -0,666 | 0,130  | 0,235  | -0,073 | 0,333  |
| D        | 0,342  | 0,100  | -0,397 | -0,312 | 0,100  | -0,044 | 0,315  | 0,424  |
| E        | -0,205 | 0,094  | 0,349  | 0,376  | 0,714  | -0,012 | 0,339  | 0,057  |
| F        | 0,413  | -0,076 | -0,069 | 0,350  | 0,096  | -0,019 | -0,249 | 0,439  |
| G        | 0,371  | -0,178 | 0,159  | -0,140 | -0,058 | -0,538 | 0,469  | -0,150 |
| H        | 0,387  | 0,275  | 0,147  | -0,080 | -0,023 | 0,270  | -0,042 | -0,617 |
| I        | 0,426  | 0,139  | 0,190  | -0,139 | 0,291  | -0,001 | 0,010  | -0,090 |
| J        | -0,051 | -0,541 | 0,487  | -0,190 | -0,089 | -0,298 | -0,215 | 0,054  |
| K        | 0,396  | 0,008  | 0,265  | 0,168  | 0,024  | 0,097  | -0,443 | 0,155  |

| Variable | PC9    | PC10   | PC11   |
|----------|--------|--------|--------|
| A        | -0,132 | -0,061 | -0,117 |
| B        | 0,028  | 0,110  | 0,004  |
| C        | -0,094 | -0,128 | -0,344 |
| D        | -0,056 | 0,495  | 0,281  |
| E        | -0,096 | 0,220  | -0,001 |
| F        | 0,312  | 0,020  | -0,578 |
| G        | -0,311 | -0,254 | -0,300 |
| H        | 0,039  | 0,476  | -0,251 |
| I        | 0,533  | -0,429 | 0,428  |
| J        | 0,260  | 0,443  | 0,146  |
| K        | -0,643 | -0,054 | 0,312  |

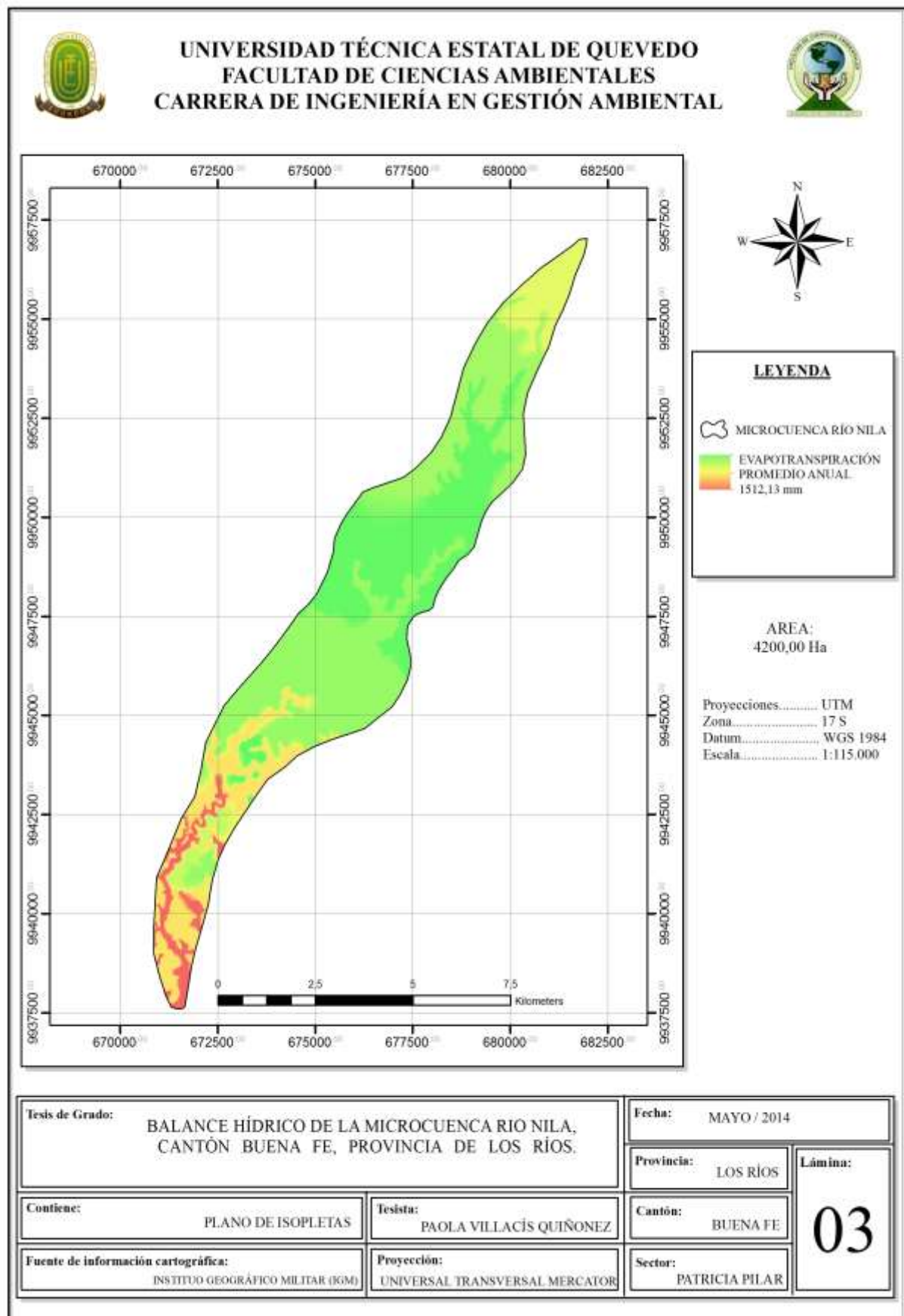
### Anexo 3. Mapa de temperatura de la microcuenca río “Nila”



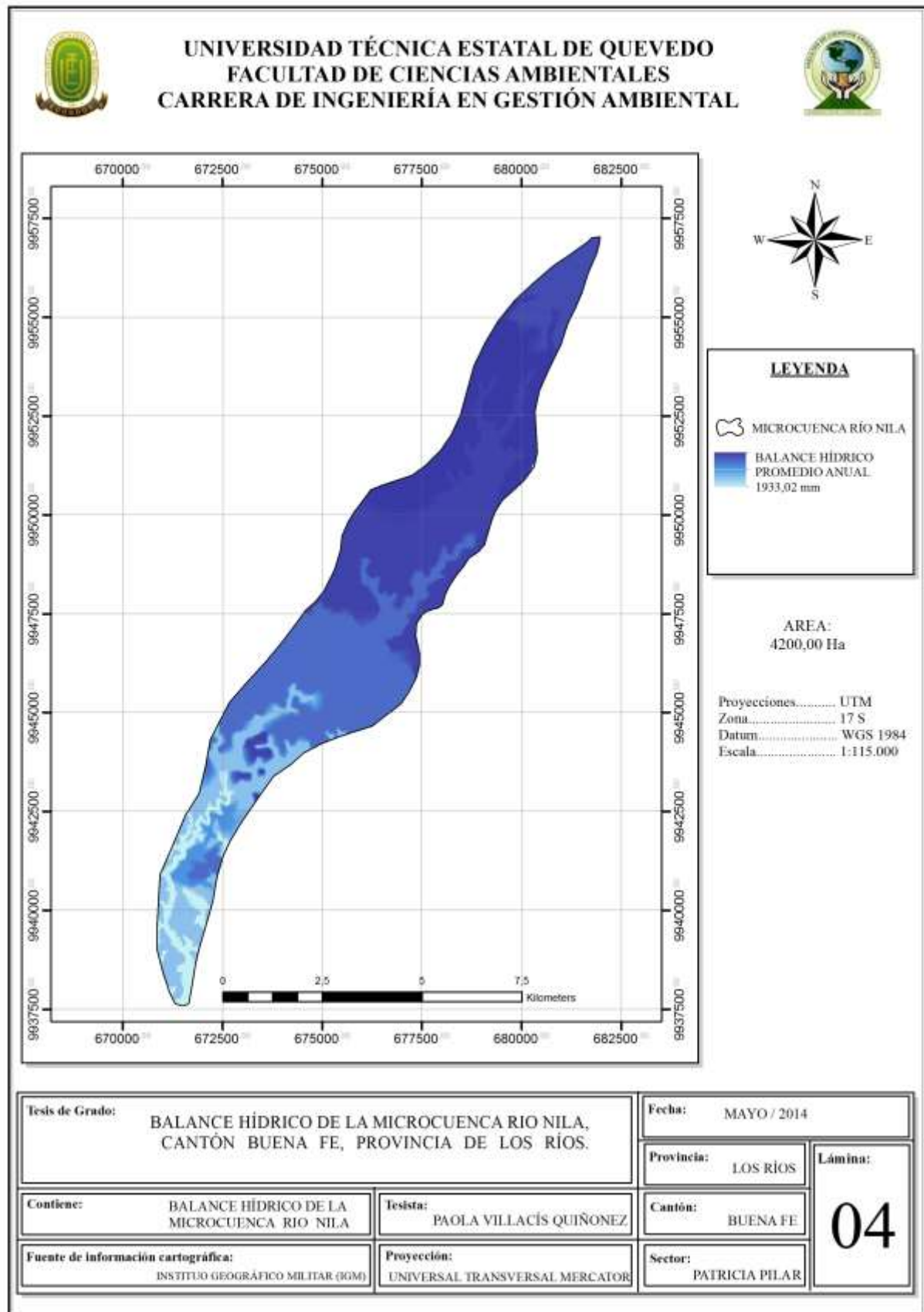
#### Anexo 4. Mapa de precipitación anual de la microcuenca del río “Nila”



**Anexo 5. Mapa de evapotranspiración de la microcuenca del río “Nila”**



**Anexo 6. Mapa del balance hídrico de la microcuenca del río “Nila”**



## ANEXOS FOTOGRÁFICOS

**Fotografía 1.** Medición de la profundidad de la microcuenca



**Fotografía 2.** Toma de muestra punto 1



**Fotografía 3.** Turbidímetro empleado para medir la turbidez



**Fotografía 4.** Medición del pH del agua



**Fotografía 5 .** Toma de muestra punto 2



**Fotografía 6.** Medición del ancho de la microcuenca

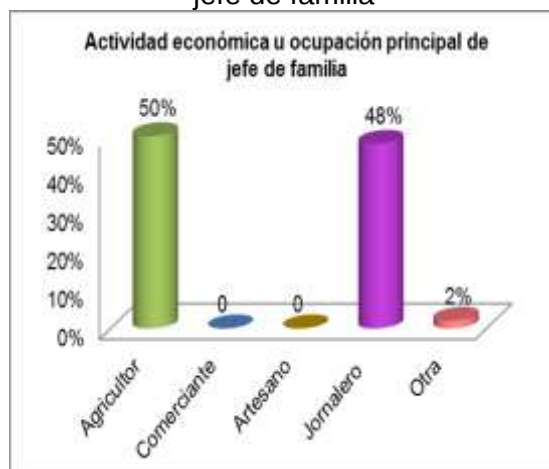


**Fotografía 7.** Medición de la conductividad eléctrica

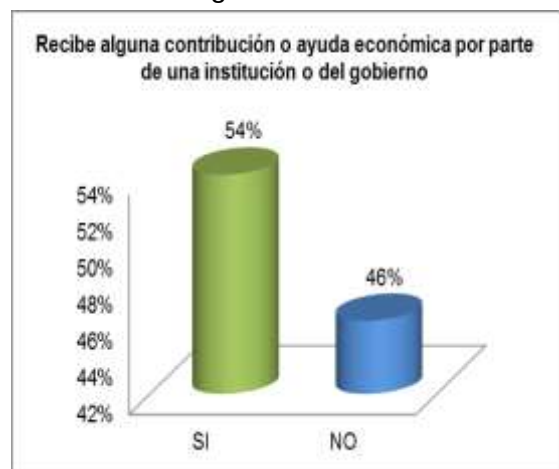


## ANEXOS DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Actividad económica u ocupación principal del jefe de familia



**Gráfico 2.** Ayuda económica por parte de una institución o del gobierno



**Gráfico 3.** Gastos que cubre el ingreso familiar

