



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Análisis de la situación Eco-hidrológica y su contribución al diseño de estrategias de manejo y gestión integral del recurso hídrico en la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá.

por

Thayna Elizabeth Caballero Contreras

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

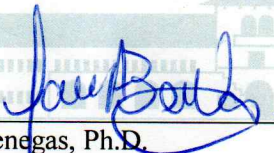
en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica 2019

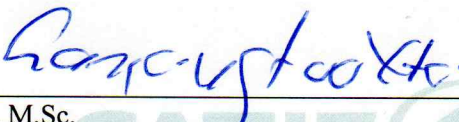
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

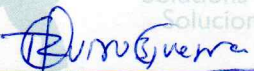
FIRMANTES:




Laura Benegas, Ph.D.
Codirectora de tesis



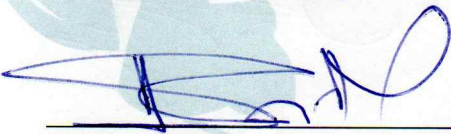
Ney Ríos, M.Sc.
Codirector de tesis



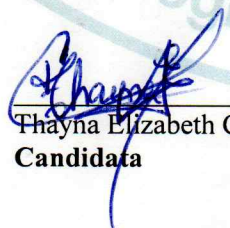
Roberto Quiroz, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Enrique Williams, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



Thayna Elizabeth Caballero Contreras
Candidata

Dedicatoria

A mi Dios, por guiarme por el buen camino y darme fortalezas para seguir adelante, para no claudicar ante las adversidades que se me presentaban, enseñándome a encarar los problemas sin perder jamás la dignidad ni desfallecer en el intento. Gracias Dios por ser más que un amigo, por estar siempre presente en mi corazón y enseñarme que todo en la vida tiene su propósito de ser, que han hecho que crezca como persona de bien.

A mi familia, porque por ellos soy lo que soy. A ellos, mis padres por su amor, apoyo, consejos, comprensión, ayuda, en todos los momentos de mi vida, por las motivaciones que me daban en los momentos difíciles, y por ser ejemplo de vida en mí, por estar siempre a mi lado por darme la vida, me han dado todo lo que soy como persona, por fortalecer mis valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, humildad, dignos de superación que me han ayudado a lograr mis objetivos por eso y mucho más Gracias Papá y Mamá.

A mis dos abuelitos queridos Lorenzo Caballero y Cecilia Silva por sus oraciones, sus consejos y su apoyo incondicional que me tenían a distancia para hacer posible la culminación de esta parte de mi vida de estudios.

Al Msc. Ney Ríos, PhD. Alejandro Imbach, PhD. Roberto Quiroz y PhD. Laura Benegas que más que profesores se convirtieron en amigos, apoyándome siempre en esos momentos difíciles, en las que no encontraba salida alguna para seguir, por brindarme todo su apoyo, dedicación, por sus regañitos, su paciencia y sobre todo por confiar en mí. Lo cual me permitió crecer como profesional en el desarrollo de la tesis y como persona. No existen palabras suficientes para agradecerles tanto mérito que merecen principalmente al profesor Ney. Solo le pido a mi Dios que me los bendiga siempre.

Al PhD. Enrique Williams quien me dio su apoyo desde el principio, brindándome confianza en mí misma en poder entrar en el concurso de estudios de maestría en el exterior dándome aliento para lograrlo. Gracias profe.

A mi grupo de la maestría de manejo y gestión de cuencas, que formaron parte de este largo y difícil, pero hermoso camino del que nos enfrentábamos cada día con coraje para seguir adelante ante lágrimas, alegrías, enojos, risas, fastidios, bromas, preocupaciones, discusiones y demás momentos únicos que solo nosotros conocemos, no fue fácil chicos y chicas, pero lo logramos, gracias a Dios. También a ustedes chicas amigas incondicionales que me acompañaron en este lindo trayecto con su apoyo, con sus risas, consejos, mañas, diversiones todo aquello que las distingue a cada una Mayelin, María y Esthefany, las quiero un montón.

A mi trío dinámico mis amigos incondicionales, mis confidentes, mis chicos de alegrías y tristezas compartidas, sí a ustedes tres: Howen, Alfredo y a ti Erik, más que amigo, eres y serás mi hermano por siempre, aunque no seamos de la misma sangre, la amistad de nosotros será duradera y bendecida por nuestro Dios. Gracias chicos por estar en las buenas y en las malas, por siempre darme aliento cuando más lo he necesitado, por sus regaños, consejos, críticas constructivas y demás. Las líneas son demasiado cortas para agradecerles todo el apoyo y amor que me han brindado a mi vida y en este proceso que no ha sido fácil, gracias por todo los quiero.

A mi hermanito José Ángel Caballero Contreras por ser esa persona, hermano, amigo, esa inspiración que hizo posible que cada día que me levantaba con cansancio, me dijera no declines que tu hermano te espera con ansias, eres mi todo hermano, eres mi razón de ser y este difícil, pero satisfactorio y hermoso trabajo es dedicado especialmente a ti.

Agradecimientos

A Dios por hacer realidad este sueño que me propuse hace aproximadamente 6 años, por ser mi compañía a lo largo de esta hermosa carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, por jamás dejarme y enseñarme que todo lo difícil tiene su mejor recompensa.

A mis padres Inocencia y Ángel por apoyarme en todo momento de felicidad y tristezas que pasaron conmigo durante mi desarrollo profesional, por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el trascurso de mi vida.

Mi mayor agradecimiento a mi asesor el Msc. Ney Ríos por el apoyo brindado durante este largo camino de tesista de maestría, por jamás abandonarme a pesar de que SWAT se pusiera en contra de mí jejeje... Gracias profe por su paciencia, tiempo, dedicación, sus regaños y, sobre todo por su asesoramiento profesional, pues siempre Muchas Gracias Profe.

A la entidad gubernamental del Estado de Panamá, IFARHU, por ser el apoyo financiero que me brindó la oportunidad de entrar en este campo de estudio a través del programa de becas de la institución otorgadas al CATIE.

Al CATIE y a todos sus funcionarios por brindar todo el apoyo y atenciones necesarias en el trascurso de esta vida en la Universidad. A cada uno de mis profesores por brindar cada uno de sus conocimientos y ayudas durante este proceso de estudio.

Al servicio brindado a la Empresa Hidroecológica del Teribe por abrirme sus puertas y su confianza en realizar la investigación de tesis. Por darme todo el apoyo que hicieron posible el desarrollo de la investigación. Es importante resaltar un agradecimiento a la Lic. Mitsila, al Ing. Deibit Hernández, Ángel Rodríguez, Denis Almansa por ser esas personitas encargadas de hacer posible este enlace y sobre todo por el cuidado y dedicación que se dieron conmigo en campo.

Al Banco de Desarrollo Agropecuario (Institución del Estado en la cual trabajo) por brindarme su apoyo y permiso para poder entrar en el programa de estudios de Maestría en el CATIE y a cada uno de mis compañeros de trabajo que siempre estuvieron pendientes de mí.

A la profesora Aydeé Cornejos por brindarme su apoyo, atención, tiempo y conocimiento en el desarrollo de la investigación que hizo posible obtener una de las mejores asesorías en cuanto a calidad de agua en macroinvertebrados de Panamá.

Y sobre todo a mi grupo de panameños que me hicieron sentir en casa desde mi llegada a la universidad, gracias amigos, compañeros, panas a cada uno de ustedes: Mayelin, María, Esthefany, Anais, Romel, Máximo, Eduardo, Omar, Luis, Alexis, y a mis dos panameñas adoptadas Cathy Schulz y Esthefany Rodríguez.

A todo aquel que formó parte de la investigación de ésta tesis, a los que me acompañaron durante el duro trayecto que se recorrió en el área de estudio.

A mi abuelo Juan Contreras y Florencia Grant, que, aunque, ya no estén físicamente con nosotros, siempre estarán presentes en mi corazón y en mi vida. Por creer en mí y, aconsejarme hasta el último momento,

¡Ya soy Magister en Manejo y Gestión de Cuencas!

Biografía

Thayna Elizabeth Caballero Contreras, panameña nacida el 18 de julio de 1992 en la ciudad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Hija de los señores José Ángel Caballero Grant e Inocencia Nelly Contreras.

Culminé mi carrera de Ingeniería de Manejo de Cuencas y Ambiente en la Universidad de Panamá (CRUBO-Centro Regional Universitario de Bocas del Toro) en el año 2017 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ingreso a la Escuela de Posgrado de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica en el mes de enero del año 2018, para realizar la Maestría en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, la culminé en el mes de julio de 2019.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	2
3.	JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	3
4.	IMPORTANCIA.....	4
5.	OBJETIVOS.....	5
5.1.	Objetivo general.....	5
5.2.	Objetivos específicos	5
6.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
6.1.1.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
7.	MARCO DE REFERENCIA.....	7
7.1.	Eco-hidrología en cuencas hidrográficas	7
7.2.	Componentes de la Eco-hidrología	8
7.3.	Principios e importancia de la Eco-hidrología	9
7.4.	Monitoreo Eco-hidrológico.....	10
7.4.1.	Cobertura boscosa.....	10
7.4.2.	Uso de suelo.....	11
7.4.3.	Vegetación ribereña	11
7.4.4.	Producción de agua.....	11
7.4.5.	Calidad de agua.....	11
7.5.	Métodos tradicionales de estudios Eco-hidrológicos	13
7.6.	Interpretación de estudios Eco-hidrológicos	14
7.7.	Influencia de las represas sobre los factores Eco-hidrológicos en cuencas hidrográficas	14
7.8.	Modelación hidrológica en cuencas	15
7.8.1.	Simulación hidrológica.....	16
7.8.2.	Modelo hidrológico SWAT	17
7.8.3.	Calibración hidrológica	19
8.	METODOLOGÍA.....	20
8.1.	Ubicación del área de estudio	20
8.2.	Descripción del área de estudio.....	22
8.3.	Procedimiento Metodológico	22
8.3.1.	Objetivo específico 1. Describir y analizar la condición Eco-hidrológica actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic.....	22

8.3.2. Objetivo específico 2. Conocer el comportamiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a la cobertura y uso del suelo antes y después del establecimiento del proyecto hidroeléctrico Bonyic.	37
8.3.3. Objetivo específico 3. Comparar los resultados de los análisis eco-hidrológicos en la microcuenca de la quebrada Bonyic con las percepciones de los pobladores locales proponiendo estrategias orientadas al manejo y gestión integral del recurso hídrico.	39
9. RESULTADOS Y DISCUSION	40
10. RECOMENDACIONES.....	90
11. CONCLUSIÓN.....	91
12. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	93
13. ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Organismos Bentónicos de Indicadores de Calidad de Agua	12
Figura 2 Mapa de Ubicación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic	21
Figura 3 Procedimiento de modelación de SWAT	23
Figura 4 Esquema del Procesamiento del Modelo SWAT (FUENTE: Carvajal 2017).....	26
Figura 5 Estaciones De Monitoreo Biológico	31
Figura 6 Recolecta de Macroinvertebrados.....	32
Figura 7 Identificación de macroinvertebrados en el Laboratorio	33
Figura 8 Capacidad de cobertura y uso de suelo de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del Teribe, Panamá.....	41
Figura 9 Mapa actual del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá.....	42
Figura 10 Mapa de Producción de Agua y Sedimentación actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe.....	43
Figura 11 Porcentajes de macroinvertebrados categorizados por orden	45
Figura 12 Frecuencia de las familias de macroinvertebrados actuales de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.....	46
Figura 13 Abundancia total de familias macroinvertebrados recolectados en la microcuenca de la Quebrada Bonyic.....	46
Figura 14 Hydropsycidae (Trichoptera) y Leptophlebiidae (Ephemeroptera)	47
Figura 15 Baetidae y Leptophlebiidae (Ephemeroptera)	47
Figura 16 Psephenidae (Coleoptera)	48
Figura 17 Cantidad de Macroinvertebrados por punto de muestreo (E.S.).....	49
Figura 18 Cantidad de Macroinvertebrados por punto de muestreo (E.LL.).....	49
Figura 19 Porcentaje de orden de macroinvertebrados recolectados en la época seca	50
Figura 20 Porcentaje de familias de macroinvertebrados en época seca	51
Figura 21 Porcentaje de orden de macroinvertebrados recolectados en la época lluviosa	52
Figura 22 Porcentaje de familias de macroinvertebrados en época lluviosa	52
Figura 23 Abundancia y riqueza de macroinvertebrados por estación de muestreo.....	53
Figura 24 Invertebrados encontrados que indican una calidad de agua aceptable.....	55
Figura 25 Comparación de datos del BMWP/PAN por épocas	55
Figura 26 Evaluación de calidad biológica del agua de acuerdo al BMWP/PAN de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2019.....	56
Figura 27 Tendencia de uso de suelo 2000- 2012- 2018	60
Figura 28 Comportamiento histórico de la cobertura y uso de suelo de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá	61
Figura 29 Mapa histórico de la cobertura y uso de suelo en color natural de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá.....	61
Figura 30 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 1987	63
Figura 31 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2000	63
Figura 32 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2014	64
Figura 33 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2017	64

Figura 34 Mapa de las secciones alta, media, baja de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río	66
Figura 35 Calibración de los caudales de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.....	66
Figura 36 Comparación de Climograma (precipitación) por época 1979-2000-2018	68
Figura 37 Climograma de precipitación por año 1979-2000-2018.....	69
Figura 38 Resultados del Primer Periodo de Simulacion (1979-2000).....	70
Figura 39 Resultados del Segundo Periodo de Simulacion (2000-2013)	70
Figura 40 Resultados del Tercer Periodo de Simulacion (2014-2018).....	70
Figura 41 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 1979-2000, subcuenca del río Teribe, Panamá	71
Figura 42 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 1979-2000, subcuenca del río Teribe, Panamá.....	72
Figura 43 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2012- 2013, subcuenca del río Teribe, Panamá	74
Figura 44 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2012-2013, subcuenca del río Teribe, Panamá.....	75
Figura 45 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2014-2018, subcuenca del río Teribe, Panamá	77
Figura 46 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2014-2018, subcuenca del río Teribe, Panamá.....	78

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1 Categorías de Calidad de Agua del Ica.....	13
Cuadro 2 Estaciones climáticas de SWAT.....	24
Cuadro 3 Datos necesarios para la simulación en SWAT.....	27
Cuadro 4 Puntos de muestreos seleccionados	30
Cuadro 5 Categorías de Calidad Biológica del Agua de Acuerdo al BMWP/PAN.....	34
Cuadro 6 Calculo del BMWP	36
Cuadro 7 Cobertura boscosa y uso de suelo.....	41
Cuadro 8 Categorías de calidad biológica de agua al BMWP/PAN	54
Cuadro 9 Comparación de Datos del BMWP-PAN.....	55
Cuadro 10 Datos históricos de CUS.....	60
Cuadro 11 Compartimiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a cobertura boscosa y uso del suelo.....	65
Cuadro 12 Partes de la microcuenca de la quebrada Bonyic	66
Cuadro 13 Modelación SWAT 1979-2018 en la Microcuenca de la Quebrada Bonyic 1979-2018..	67
Cuadro 14 Escenario N°1 de los años 1979- 2000.....	73
Cuadro 15 Escenario N° 2 de los años 2000-2013.....	76
Cuadro 16 Escenario N° 3 2014-2018	79
Cuadro 17 Categorías de Calidad Biológica del Agua de Acuerdo al BMWP/PAN.....	81
Cuadro 18 Fase Histórica del BMWP/PAN para la microcuenca de la Quebrada Bonyic.....	81
Cuadro 19 Resultados de los parámetros físico químicos de la microcuenca de la Quebrada Bonyic (Época lluviosa 2018)	83
Cuadro 20 Percepción de la comunidad y de los técnicos	89

Lista de acrónimos

ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente
BMWP	Biological Monitoring Working Party
BPPS	Bosque Protector Palo Seco
BPPS	Bosque Protector Palo Seco
CATHALAC	Centro del Agua y del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
CRUBO	Centro Regional Universitario de Bocas del Toro
CUS	Cobertura y Uso De Suelo
DINAMICA EGO	Environment for Geoprocessing Object
EIA	Evaluation de Impacto Ambiental
EPM	Empresas de Servicios Publicos de Medellin
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GIRH	Gestión Integral de Recursos Hídricos
GWP	Global Wather Partnership
ICA	Índice de Calidad de Agua
KWV	Kilovattios x Hora
MED	Modelo de Elevación Digital
MW	Megavattios
PHI	Programa Hidrológico Internacional de UNESCO
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SIG	Sistema de Information Geografia
SWAT	Soil and water Assessment Tool
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
WWAP	
WYLD	Producción de Agua en SWAT

Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal analizar las condiciones eco-hidrológicas actuales de la microcuenca de la quebrada Bonyic, con el fin de crear estrategias de manejo y gestión integral del recurso hídrico. El estudio se ejecutó con informaciones que van desde base de datos cartográficos, climáticos e imágenes satelitales, como también información suministrada por la Empresa Hidrogeológica del Teribe, acompañada de procesamientos de programas como Argis y Qgis (Swat). Con la base de datos obtenidos se realizó un modelado hidrológico (SWAT) para conocer la producción y sedimentación de la microcuenca, también se realizó un estudio de calidad de agua mediante el método BMWP/PANAMÁ para conocer las condiciones del agua de la microcuenca, también se evaluó la vegetación ribereña, cobertura y uso de suelo de la microcuenca, considerando que para el procesamiento de estas variables se estudiaran 3 fase antes/línea base (1979.-2000), impacto (2012-2014) y después de la construcción de la represa (2015-2018) para realizar análisis de cada resultado y evaluar el impacto positivo o negativo de cada una.

Los resultados de cada variable mostraron que en la actualidad las condiciones eco-hidrológicas son similares a años anteriores a la construcción de la hidroeléctrica, que hacen valer el recurso hídrico, a pesar de haberse enfrentado a diferentes cambios originados por la construcción del embalse. En consideración de dichos resultados podemos definir por cada comparación realizada de cada fase, se concluye que la comunidad como la Empresa Hidrogeológica del Teribe han realizado excelentes trabajos encaminados a aprovechar y conservar los recursos naturales de la microcuenca de la quebrada Bonyic, principalmente el recurso hídrico.

Se pudo concluir que de esta manera es posible realizar intervenciones humanas (construcción de represas) bajo criterios y enfoques que conlleven a la restauración de los ecosistemas intervenidos.

Palabras claves: eco-hidrología, vegetación ribereña, HRU, simulación, SWAT.

ABSTRAC

The main objective of the research was to analyze the current eco-hydrological conditions of the the Bonyic creek microbasin and create integral management strategies for it's water resources. The study was carried out with information from cartographic, climatic and satellite image databases as well as information provided by the Teribe Hydrogeological Company, which was accompanied by processing programs such as Argis and Qgis (Swat). With the data which was obtained from the hydrological modeling (SWAT) the production and sedimentation of the micro-basin was determined. A water quality study was also conducted with the use of the BMWP / PANAMA method to determine the water conditions of the micro-basin. The riparian vegetation, coverage and land use of the microbasin were also evaluated. The processing of the data involved the study of three variables from 3 phases; Baseline (1979.-2000), Impact (2012-2014) and the subsequent construction of the dam (2015-2018) to be able to analyze results and evaluate the positive or negative impacts of each one.

The results of each variable showed that at present the eco-hydrological conditions are similar to years prior to the construction of the hydroelectric plant. Even though there were different changes caused by the construction of the reservoir, there was still good use of the water resource With respect to these findings, we can define the comparison for each phase. It can be concluded that the community of Teribe Hydrogeological Company have done excellent works which are aimed at taking advantage of, and conserving the natural resources of the Bonyic creek micro-basin, specifically the water resource.

The study concludes that it is possible to carry out human interventions (construction of dams) under criteria and approaches that lead to the restoration of the intervened ecosystems.

Keywords: eco-hydrology, riparian vegetation, HRU, simulation, SWAT.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el enfoque de manejo de cuencas hidrográficas es un factor clave para la apropiada gestión territorial y conservación de los recursos naturales. El manejo de cuenca hidrográfica es un proceso de decisión integrado e iterativo en búsqueda de la sostenibilidad de los recursos naturales, económicos y sociales (Torres *et al.* 2013). Este enfoque considera al agua como recurso integrador y variable determinante en el diseño de planes de manejo y estrategias de intervención. Al mismo tiempo, el agua es indispensable para el desarrollo de las actividades humanas y de los ecosistemas. Bajo este enfoque, el agua es elemento integrador.

Varios estudios determinan que en los últimos años las actividades antropogénicas y anomalías climáticas están alterando los procesos hidrológicos en las cuencas hidrográficas. Según las estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para el 2050, muchas personas sufrirán de aprovisionamiento de agua. En segundo lugar, la gobernanza del agua (GWP 2014). Centroamérica no se escapa de esta realidad, a pesar de que cuenta con una gran riqueza hídrica, donde el problema de acceso de agua se convierte en uno de los temas de importancia por ser una zona con alta incidencia de variabilidad climática y de cambio climático que ponen en riesgos al desarrollo sostenible de sus habitantes (GWP 2017).

Asimismo, el estudio de GWP 2017 indica que la intervención del ser humano juega un papel importante en las cuencas hidrográficas provocando problemas que puedan poner en peligro la biodiversidad, calidad y cantidad hídrica, por lo que se requiere medidas controladas frecuentemente. Sin embargo, la intervención humana es clave para garantizar procesos que conlleven a una sostenibilidad de los recursos naturales.

Son varios los países que consideran a las cuencas hidrográficas como unidades de planificación territorial en especial cuando hay un énfasis en manejo y conservación de recursos hídricos. En este proceso, el agua es un componente clave para el desarrollo de los países, convirtiendo las cuencas hidrográficas como las propulsoras de este recurso, necesario para el desarrollo económico y social del mundo. El agua es indispensable para la sociedad porque de ella emana un sin número de empleos, destacando el 80% de los puestos de trabajo provienen del recurso agua, en temas que incluyen la gestión integrada del recurso hídrico y todos los factores que conllevan el desarrollo de estos programas para sostenibilidad ambiental a nivel mundial (WWAP 2016).

Panamá cuenta con 52 cuencas hidrográficas, de las cuales 18 pertenecen a la vertiente del Atlántico y 34 a la vertiente del Pacífico (ANAM 2011). La microcuenca de la quebrada Bonyic está ubicada en la zona noroccidental de la República de Panamá en la provincia de Bocas del toro, en el distrito de Changuinola, afluente del río Teribe, esta última también afluente de la Cuenca del río Changuinola, identificada en el país con el N° 91, donde sus cursos de agua desembocan en el mar Caribe. La microcuenca se encuentra próxima a la frontera con Costa Rica, dentro de los límites del Bosque Protector Palo Seco, además es una zona abastecedora de energía eléctrica.

En los últimos años, la microcuenca de la quebrada Bonyic viene experimentando un rápido crecimiento demográfico, debido a la rehabilitación de caminos de acceso y la creación de la hidroeléctrica del Teribe, S.A. en el año 2008; procesos que han generado situaciones de incertidumbre en el manejo y conservación del recurso hídrico vinculados a los diferentes usuarios de agua y procesos de desarrollo en la microcuenca.

El desarrollo del presente estudio denominado “*Análisis de la situación Eco-hidrológico de la microcuenca de la Quebrada Bonyic y su contribución al diseño de estrategias de manejo y gestión integral del recurso hídrico*”, busca conocer la situación actual que enfrenta la microcuenca al ser propulsora de energía hidroeléctrica, y de esta manera ver los cambios que pasaron antes, comparándolo con la actualidad. Los resultados del estudio se utilizaron para plantear estrategias de manejo y gestión, mediante el análisis de indicadores Eco-hidrológicos con la finalidad de identificar cambios que puedan estar afectando la calidad y cantidad de los recursos de la microcuenca. Se buscó que, mediante la implementación de los hallazgos y las recomendaciones derivadas del estudio, se podrá implementar un enfoque sistémico orientado a garantizar el uso sostenible de recursos naturales y la gestión integrada del recurso hídrico.

El estudio tiene como una de sus finalidades concientizar a sus pobladores, entidades gubernamentales y privadas sobre el cuidado, manejo y gestión que se le debe dar a la microcuenca para mantener la calidad del recurso hídrico y la cobertura que brinda la microcuenca, después de la construcción del proyecto hidroeléctrico.

2. ANTECEDENTES

Estudios en cuencas hidrográficas demuestran que éstas son las propulsoras del desarrollo de recurso hídrico del planeta desarrollando un sin número de procesos que ha generado la implementación de metodologías que ayudan al desarrollo; salvaguardando el recurso hídrico del presente y futuras generaciones. Las cuencas toman un papel importante por las características que poseen, involucrando activamente la participación local o regional para una gestión sostenible del recurso agua, impulsando de tal manera el desarrollo económico de las personas (Rodríguez 2006). Es así que en el año 2000 la GWP (Global Water Partnership) dio la iniciativa de proponer e impulsar la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), buscando dar importancia a las cuencas, definiendo de tal manera a la gestión integral del recurso hídrico como “*un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, el suelo y los recursos asociados para maximizar equitativamente el bienestar social y económico resultante, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales*”, poniendo en base la seguridad alimentaria y la calidad de los recursos hídricos a base de instrumentos de gestión (Rojas *et al.* 2013).

Consecuentemente, el manejo y gestión de cuencas hidrográficas brinda un enfoque principal al comportamiento hidrológico cobrando relevancia con la hidrología estocástica o estadística desde la década de los 70's, aproximación que se fundamenta en la recopilación de las variaciones aleatorias que presentan los fenómenos hidrológicos en el tiempo,

estimando la influencia de las variaciones que tienen los procesos hidráulicos sobre el territorio, la economía y la sociedad (Fernández-Soto *et al.* 2016).

La Eco-hidrología aplicada al manejo de cuencas con un énfasis en el desarrollo y gestión sustentable de los recursos hídricos es considerada y establecida en el marco del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO (PHI) en 1996, la cual considera 3 principios relacionados con la comprensión de las relaciones funcionales entre la hidrología y la ecología (Saldaña Fabela 2013).

La Eco-hidrología como ciencia se ha desarrollado rápidamente en los últimos 30 años generando un sin número de investigaciones que buscan alcanzar un equilibrio hídrico entre planta, agua, humedad del suelo y evapotranspiración (Dawen *et al.* 2017). Como ciencia puede brindar insumos para evaluar y monitorear el recurso hídrico, de tal manera que nos brinde lineamientos para la elaboración de propuestas orientadas a mejorar la salud de los cuerpos de agua en las cuencas, y mayor interés en aquellas cuencas con proyectos hidroeléctricos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

El mundo enfrenta los impactos del cambio climático, crecimiento demográfico, migraciones humanas y el surgimiento de nuevos centros geopolíticos que afectan la economía de los países. Ante dichas amenazas se da la necesidad de crear y estudiar técnicas que protejan los recursos hídricos y eviten la pérdida de la biodiversidad (UNESCO 2017), que se ha convertido en uno de los problemas al que nos enfrentamos cotidianamente.

La reducción de almacenamiento de carbono y la transferencia de nutrientes de los minerales afectan el ciclo de la materia provocando la aceleración del ciclo hidrológico, que vuelve el sistema más variable, por ende, menos favorable con el ambiente y la humanidad. Producto del exceso de infraestructuras (UNESCO 2017).

Las investigaciones en cuencas hidrográficas buscan darle un balance a los problemas que se enfrenta el mundo por el efecto de las actividades antrópicas que se desarrollan de manera poco sostenible. Para tal efecto el estudio de la microcuenca de la quebrada Bonyic que parte de la subcuenca de río Teribe, afluente de la Cuenca Changuinola, conocida como unas de las cuencas importantes del país, generando 31.8 MW energía firme, promedio anual de 156 GWh (Hidroecológica del Teribe S.A, 2013), busca innovar en estudios que utilicen metodologías que proporcionen estrategias de manejo y gestión de esta.

En los últimos años la microcuenca ha desarrollado diversos cambios que han tenido considerables impactos. Un claro ejemplo se dio en el año 2005 donde se presentó el Estudio de Impacto Ambiental por parte de la ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente), que dio vía libre a la construcción de la Central Hidroeléctrica Bonyic.

El estudio busco analizar la situación Eco-hidrológica que pueda estar sucediendo a lo largo de la microcuenca de la quebrada Bonyic, conociendo de antemano que cuenta con la construcción de la Hidroeléctrica Bonyic, buscando diseñar estrategias de manejo y gestión integral de los recursos en dicho lugar de estudio mediante el uso de tecnologías modernas, mejorando de tal manera el ciclo y procesos naturales de los ecosistemas, con visión holística.

Se creó un ejemplo de sostenibilidad bajo un análisis Eco-hidrológico que conlleve a mejorar la calidad de vida de los recursos que se encuentran en la microcuenca, aplicando nuevos enfoques y herramientas que podrían ser aplicadas a otras cuencas.

Mediante el uso de variables Eco-hidrológicas, se dio una evaluación, por una lado de la presencia de la vegetación en relación con la hidrología reforzando un desarrollo sostenible (Landeros-Sánchez *et al.* 2015), y por otro lado, dando un enfoque dedicado a comprender la integración de los procesos biológicos e hidrológicos con el fin de buscar estrategias que den origen una cuenca con buen drenaje en base científica, social, rentable, manteniendo la sostenibilidad de los recursos hídricos (Saldaña 2013). Estos análisis se complementaron con la visión que tienen los actores claves, pues para un manejo integral la percepción es tan o más importante que la realidad.

4. IMPORTANCIA

La sostenibilidad y mantenimiento de la microcuenca ayudará a que la producción del recurso hídrico se mantenga por muchos años, contando con lineamientos para adaptarse a condiciones cambiantes del clima y manejo.

Estudiar la microcuenca de la quebrada Bonyic por medio de la subdisciplina Eco-hidrología maximiza los procesos estratégicos para brindar oportunidades, mejorar la calidad y mantener el proceso del recurso hídrico por métodos que minimicen los factores negativos de contaminación, pérdida de cobertura vegetal, variación del caudal hídrico.

El fin principal del trabajo en la microcuenca fue incorporar el uso y aplicación de nuevas metodologías funcionales Eco-hidrológicas que sirvan de modelo adaptable en otras cuencas conservando los recursos naturales. Además, se incluyó la dimensión humana, que a la postre es la más importante para la toma de decisiones.

El uso de tecnologías ayuda a la conservación y monitoreo de los ecosistemas de una región involucrando de tal manera información detallada para llegar a un análisis provechoso para crear conciencia de las interacciones que existe entre el ecosistema terrestre con los procesos hidrológicos, la biodiversidad y los cambios paulatinos que se dan en los últimos años como el cambio climático y el aumento demográfico, social, cultural y económico de las distintas regiones del mundo. Por otro lado, la única manera de saber si se está creando conciencia es preguntando directamente a quienes viven y dependen de la microcuenca.

5. OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar la situación Eco-hidrológica con la finalidad de formular estrategias y recomendaciones que permitan un manejo y gestión sostenible de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.

Objetivos específicos:

1. Describir y analizar la condición eco-hidrológica actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic.
2. Conocer el comportamiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a la cobertura y uso del suelo antes y después del establecimiento del proyecto hidroeléctrico Bonyic.
3. Comparar los resultados de los análisis eco-hidrológicos en la microcuenca de la quebrada Bonyic con los resultados de las percepciones de los pobladores locales proponiendo estrategias orientadas al manejo y gestión integral del recurso hídrico

6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	
<p>OE1: Describir y analizar la condición Eco-hidrológica actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic.</p>	<p>1. ¿Cuál es la situación actual de los principales componentes Eco-hidrológicos de la microcuenca de la quebrada Bonyic: ¿cobertura boscosa, uso de suelo, ancho y continuidad de vegetación ribereña, producción y calidad de agua (biológico), transporte de sedimentos)</p>
<p>OE2: Conocer el comportamiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a la cobertura y uso del suelo antes y después del establecimiento del Proyecto Hidroeléctrico Bonyic.</p>	<p>1. ¿Cuáles son los cambios Eco-hidrológicos que se han dado antes y después de la construcción de la Central Hidroeléctrica Bonyic?</p> <p>2. Teniendo en consideración los cambios que se dieron: ¿Cuáles son los cambios que han provocado mayor afectación en las variables Eco-hidrológicas en la microcuenca de la quebrada Bonyic?</p>
<p>OE4: Comparar los resultados de los análisis eco-hidrológicos en la microcuenca de la quebrada Bonyic con los resultados de las percepciones de los pobladores locales proponiendo estrategias orientadas al manejo y gestión integral del recurso hídrico</p>	<p>1. ¿Cuál es la percepción local sobre las diferentes actividades que viene desarrollando el Proyecto Hidroecológico El Teribe?</p>

7. MARCO DE REFERENCIA

Las cuencas hidrográficas juegan un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad, ante los problemas que se enfrentan con la inequidad del recurso hídrico en el mundo. Es por ello que los estudios e investigaciones de cuencas hidrográficas van más allá de ser un tema innovador, siendo de esta manera un factor importante para mejorar el crecimiento y ordenamiento de las sociedades trayendo mejores oportunidades de vida para la población, en cuanto conservación, uso y disfruto de los bienes que nos puede brindar (Ferrer et al 2015).

Es de esta manera la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2017), define a las cuencas hidrográficas como una unidad territorial o geográfica que drena sus aguas hacia a una corriente de agua determinada. Teniendo en cuenta que en ellas se desarrollan una serie de interacciones importantes para los seres vivos.

Sin embargo, con el pasar del tiempo el concepto de cuencas hidrográficas ha tenido un gran desarrollo e innovaciones mediante investigaciones que han incorporado los temas ciencias como la hidrología y ecología colocando una nueva perspectiva en cuencas repercutiendo de esta manera en el régimen hídrico y la calidad del agua (FAO 2007).

7.1. Eco-hidrología en cuencas hidrográficas

La Eco-hidrología es una rama de la hidrología que estudia las relaciones entre la hidrología y la ecología (Saldaña 2013), que contribuyen a una gestión integral del medio ambiente. En los últimos años la Eco-hidrología ha tomado una mayor relevancia para lograr un desarrollo ambiental, social y económico sostenible, enfocada en reducir la eutrofización y mejora de los humedales; que incluyen procesos vinculados a la dinámica del carbono, agua y nutrientes a escala global y regional (Jorgenzen 2015).

La Eco-hidrología considera las interrelaciones funcionales entre la hidrología, los procesos involucrados en un ecosistema y su biota, enfocadas al manejo equilibrado del ecosistema para salvaguardar la integridad ecológica global (Zalewski 2010).

Mediante la gestión de la doble regulación de la hidrología y la biota, la Eco-hidrología tiene como objetivo lograr la sostenibilidad tanto de los ecosistemas como de las poblaciones humanas, así como para mejorar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. La Eco-hidrología contribuye al logro del objetivo del Desarrollo Sostenible del Agua, tomando en cuenta cuatro parámetros multidimensionales como: agua, biodiversidad, servicios ecosistémicos para la sociedad y resiliencia a los cambios climáticos (Zalewski 2014).

Es de esperar que la Eco-hidrología tenga una aplicación creciente en nuestro esfuerzo por reducir la eutrofización y utilizar mejor los humedales para controlar el ciclo global y regional de carbono, agua y nutrientes en nuestro esfuerzo por aumentar la sostenibilidad del desarrollo ambiental, social y económico (Jorgenzen 2015).

7.2. Componentes de la Eco-hidrología

La Hidrología

La hidrología es una ciencia de ocurrencia, movimiento y circulación de agua en o cerca de la superficie de la tierra. Esta rama de la ciencia del agua está preocupada por el agua en las precipitaciones, las nevadas, los arroyos, los lagos, los embalses, las aguas subterráneas, la nieve y el hielo (Mohan 2009). Es una ciencia aplicada y natural que estudia el agua (Villón 2004; Subramanya 2008).

- Ramas

Algunos autores han categorizado la hidrología en diferentes ramas:

- Hidrología química: estudio de las características químicas del agua.
- Hidrogeología: estudio de la presencia y movimiento del agua en acuíferos.
- Hidroinformática: adaptación de la tecnología de la información a la hidrología y sus aplicaciones a los recursos de agua.
- Hidrometeorología: estudio de la transferencia de agua y energía entre las superficies de tierra y agua y la atmósfera inferior.
- Hidrología de isótopos: estudio de las firmas isotópicas del agua.
- Hidrología superficial: estudio de los procesos hidrológicos que tienen lugar en la superficie de la Tierra o cerca de ella (Pérez s.f.).

La Ecología:

Ciencia que se encarga del estudio e interacción de los seres vivos y su medio ambiente, abordando principalmente los problemas que se dan comúnmente, buscando la descripción, evolución, causas, modelización buscando disminuir los impactos ecológicos (Troll 2003; Montoya 2011).

Divisiones de la ecología:

Las interacciones de la ecología juegan un papel muy importante con otras disciplinas que buscan mantener la interacción de los organismos y el medio ambiente, dividiéndola de tal manera:

- **Auto ecología:** rama de la ecología que estudia las interacciones del medio ambiente y los individuos determinando la morfología, fisiología y la conducta entre ellos.
 - Eco fisiología: estudia la influencia que tiene el ambiente abiótico sobre las características morfológicas y fisiológicas de los seres vivos.
 - Etología o ecología de la conducta: estudia el efecto del ambiente sobre la conducta de los animales.
- **Ecología de poblaciones:** encargada del estudio de las interacciones que determinan la distribución y la abundancia de las poblaciones:

- **Sinecología o ecología de comunidades:** estudia el efecto que tiene el medio ambiente sobre la fisionomía, la composición, la diversidad y los cambios temporales que se dan dentro del ambiente.
- **Ecología de ecosistemas:** estudia la materia y los flujos de energía entre los organismos y su medio abiótico de la Tierra (Valverde y Cano-Santana 2005).

7.3. Principios e importancia de la Eco-hidrología

La Eco-hidrología considera varias disciplinas ecológicas importantes que contribuyen a construir un puente entre la ecología y la gestión ambiental (Zalewski *et al.* 1997). La Eco-hidrología considera los siguientes principios:

- Hidrológico: la cuantificación del ciclo hidrológico de una cuenca, debe ser una plantilla para la integración funcional de los procesos hidrológicos y biológicos.
- Ecológico: los procesos integrados a escala de cuenca hidrográfica pueden orientarse de tal manera que mejoren la capacidad de carga de la cuenca y sus servicios ecosistémicos.
- Ingeniería ecológica: la regulación de los procesos hidrológicos y ecológicos, basada en un enfoque de sistema integrador, es, por lo tanto, una nueva herramienta para la gestión integrada de cuencas hidrográficas.

Principios de aplicabilidad de la Eco-hidrología según Zalewski:

- ✚ [Restablecer y mantener los procesos evolutivos de circulación del agua, nutrientes y energía a escala de cuenca,
- ✚ Amplificar la capacidad de carga (solidez) de los ecosistemas frente a la presión antrópica, y
- ✚ Usar las propiedades de los ecosistemas como herramientas de gestión del agua (ingeniería ecológica)] (Gavillo *et al.* 1900).

Importancia

Algunos de los campos en los que ha sido utilizada la Eco-hidrología, según Monzon 2015 son los siguientes:

- a) Lograr la comprensión profunda del régimen hidrológico (disponibilidad de agua) y la distribución de la biota en sistemas de corrientes de agua (cuenca).
- b) Ser una herramienta hacia la utilización sostenible de los recursos hídricos por su contribución en la mejora de la capacidad de almacenamiento temporal de corrientes fluviales.
- c) Estimar la vulnerabilidad de los ríos, embalses, estuarios, entre otros que dependen del patrón estacional del ciclo hidrológico y procesos bióticos, los cuales dependen en gran medida de las perturbaciones inducidas por el hombre y de los sistemas bióticos.
- d) Definir la intensidad y la duración de las inundaciones, las cuales pueden que a su vez son modificadas por el régimen hidrológico.

- e) Utilización de información ecológica obtenida a escalas menores inferir procesos hidrológicos a escalas mayores.
- f) Comprender las interacciones planta-ciclo hidrológico para mejorar la capacidad predictiva del régimen hidrológico como una base para la gestión rentable de los recursos hídricos y paisajes.
- g) Optimización de la estructura de las zonas de ecotono, como zonas ribereñas de amortiguación, los humedales, o las llanuras de inundación como una herramienta importante para la reducción de la transferencia de nutrientes desde la cuenca del río aguas abajo y otros beneficiarios.
- h) Los indicios correspondientes a la planificación predictiva y gestión de los recursos hídricos deben basarse en los datos locales e inferencias hidrológicas de gran escala de procesos.

7.4. Monitoreo Eco-hidrológico.

La cuenca, desde la Eco-hidrología, es considerada como un “macrosistema ecológico” en la cual se establecen mutuas interacciones (ecológicas, hidrológicas y sociales) y cuya fisiología debe ser entendida como un sistema complejo, sujeto al conocimiento de la dinámica de los "hidrosistemas" y sus relaciones con el clima, la hidroquímica, la hidrobiología, la ecotoxicología, la biología, la geología, la física, así como los procesos biológicos y sociales que tienen lugar en ella como el uso del territorio entre otros. Bajo estas premisas, el desafío de aplicar el enfoque Eco-hidrológico requiere pensar en términos interdisciplinarios, orientando el proceso de toma de decisiones en base a evidencia científica proveniente de ambos campos disciplinarios, complementado con las ciencias sociales y del comportamiento de las cuencas (UNESCO 2010).

La Eco-hidrología posee varios indicadores para evaluar el impacto de una actividad antropogénica, entre las más importantes están:

7.4.1. Cobertura boscosa:

La cobertura boscosa se conoce como aquella área o superficie terrestre dotada por árboles con una altura promedio de 5 metros y para considerar que es cobertura boscosa debe cubrir aproximadamente 0,5 hectáreas (Ecured 2018).

La teledetección es una de las técnicas que se usa para poder adquirir información geoespacial de la cantidad de cobertura boscosa o vegetal que se encuentra en un área determinada, la misma es obtenida por satélite (sensores remotos) ayudando a agilizar los trabajos de campo. La determinación en cambios en la cubierta vegetal emplea diferentes técnicas de procesamiento digital o visual (multiespectral tipo Landsat) en conjunto del Sistema de Información Geográfica (SIG), herramienta que se emplea para la generación de los mapas de deforestación y así poder cuantificar y analizar las pérdidas de cobertura vegetal (Condori-Luna *et al.* 2018).

7.4.2. Uso de suelo:

El uso de suelo es aquel proceso que realiza el ser humano sobre la superficie terrestre o el suelo para la producción de bienes materiales que mejoren la calidad de vida y permitan de tal manera la subsistencia (Ramos-Reyes *et al.* 2004).

Para conocer los cambios de uso de suelo mayormente se utilizan metodologías de fotointerpretación y en comparación histórica de fotografías aéreas para evaluar de esta manera variaciones en años, el proceso se digitaliza mediante la creación de mapas con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG).

7.4.3. Vegetación ribereña:

Definida como la vegetación ubicada a los lados de los cuerpos de agua, en su mayoría ríos o quebradas. Es uno de los ecosistemas más diversos y dinámicos que mantienen una estrecha dinámica entre los ecosistemas terrestres y acuáticos contando con diversidad de funciones como:

- Estabilidad en las márgenes de los ríos
- Retención de sedimentos
- Creación de hábitats para organismos acuáticos y terrestres (Moreno-Jiménez, *et al.* 2017).

7.4.4. Producción de agua:

Cantidad de agua que genera la cuenca y es producto de la suma de procesos de escorrentía superficial, flujo lateral y flujo de retorno o flujo base.

7.4.5. Calidad de agua:

Los cuerpos de agua han venido estudiándose hace años, generando metodologías que sirvan para interpretar las condiciones físico-químicas y bacteriológicas mediante índices de calidad de agua y contaminación del agua (ICA) (Samboni *et al.* 2007). La Eco-hidrología tiene una relación directa con la calidad del agua, en algunos casos busca observar la interrelación entre caudal y el hábitat acuático como la percepción básica del ambiente hidráulico que desarrollan los organismos por las variables profundidad, velocidad y material del lecho (Díaz-Hernández 2008), y en otros casos lo vincula con ciclos Bioquímicos como indicadores de salud de estos ecosistemas.

De esta manera se entiende por calidad de agua a las características que posee de acuerdo a un uso o usuario determinado (Fernández 2012), relacionado con sus características físicoquímicas - bacteriológicas, ya sea natural o por alteraciones. Existen algunas metodologías para determinar la calidad de agua, ya sea mediante el análisis de parámetros físicoquímicos-bacteriológicos o biológicos.

Los parámetros físicoquímicos-bacteriológicos dan una información sobre las propiedades físicas, químicas y de carga bacteriana del agua. En la actualidad existen más de

30 parámetros fisicoquímicos-bacteriológicos que se utilizan para estudiar la calidad del agua, entre los que destacan algunos: conductibilidad eléctrica, Dureza, pH, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), oxígeno disuelto (OD), coliformes fecales, nitratos (NO₃⁻), sólidos disueltos totales (SDT), fosfatos totales y turbiedad (Samboni *et al.* 2007 y García 2014).

Debido a los diferentes cambios a nivel mundial provenientes de las actividades antropogénicas, se han originado métodos para conocer la calidad del agua (análisis fisicoquímicos y bacteriológicos), sin embargo, estos poseen limitaciones que pueden variar rápidamente, no permitiendo de tal manera la evaluación de los factores ambientales (García *et al.* 2017). Por ello se han desarrollado otros métodos que ayudan a tener conocimiento del estado ecológico actual de la calidad de agua mediante el uso de organismos vivos (Roldán-Pérez 2016). El monitoreo biológico considera la evaluación de macroinvertebrados en los cuerpos de agua. Los macroinvertebrados acuáticos son insectos acuáticos que se pueden percibir a simple vista de tamaños muy pequeños, los mismos indican la calidad de agua que presentan los cuerpos de agua, ya que algunos están adaptados a sobrevivir en aguas de buena calidad a diferencia de otros que requieren vivir en ambientes distintos (Mafla 2005). Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades y se pueden encontrar en miles de lugares de cuerpos de agua, además son indispensables para la alimentación de otros peces (Carrera *et al.* 2001).

ORGANISMOS INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA

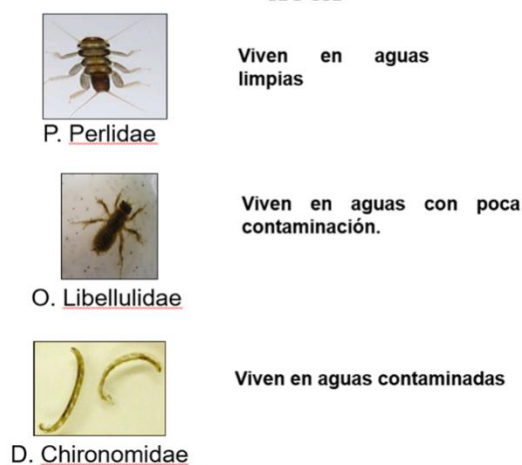


Figura 1 Organismos Bentónicos de Indicadores de Calidad de Agua

7.4.6. Índice de Calidad de Agua (ICA-Panamá)

Los índices de calidad de agua (ICA), es una herramienta eficaz para visualizar y analizar los problemas de calidad de agua, informando sobre las particularidades que puede tener el agua superficial o subterráneo en lugar y tiempo determinando, ayudando de esta manera a mejorar a la toma de decisiones gubernamentales en la evaluación de la efectividad de los programas regulatorios de calidad de agua mediante los parámetros físico-químicos y biológicos (Calvo 2015) (Caho-Rodríguez 2017).

RANGOS	CALIDAD DE AGUA	COLOR
91 -100	No contaminada	Azul
71 – 90	Aceptable	Verde
51 – 70	Poco contaminada	Verde claro
26 – 50	Contaminada	Amarillo
0 - 25	Altamente contaminada	Rojo

Cuadro 1 Categorías de Calidad de Agua del Ica

7.4.7. Índice de Calidad de Agua-BMWP-Panamá (Biological Monitoring Working Party)

Este índice de calidad de agua es adaptado de acuerdo a la región donde se realice el estudio basándose en una clasificación en escalas de colores y el grado puntaje de sus indicadores (tipo de fauna bentónica o invertebrados) (Calvo, 2015).

Para la utilización de este índice se utilizan los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua donde su sensibilidad del invertebrado a la contaminación y su presencia a nivel taxonómico nos va a generar un puntaje que se suma y su valor va desde 0 al 200 de acuerdo a la región que se esté realizando (Calvo, 2015).

La metodología viene aplicándose desde inicios de los años sesenta en Inglaterra y luego paso por todo Europa. Llegando así a ser hito importante en América Latinoamérica, destacándose significativamente en Panamá, Colombia, El Salvador, Costa Rica, Ecuador y Perú, entre otros países (Cornejo et al 2017).

7.4.8. Erosión hídrica y sedimentación:

Se entiende por erosión hídrica a la pérdida de suelo ocasionada por el agua y como sedimentación al proceso de transporte del material erosionado por el agua (Department of Water and Environmental of Government of Western Australia 2017). La sedimentación es el resultado natural de acarreo de la erosión. Las condiciones de erosión y sedimentación en una cuenca pueden ser usadas como indicadores Eco-hidrológicos para analizar las condiciones y sus procesos de manejo.

7.5. Métodos tradicionales de estudios Eco-hidrológicos:

Los métodos para estudios Eco-hidrológicos van a depender del enfoque específico al que deseamos llegar, ya que puede ser incorporado para estudiar distintas finalidades como en humedales en cuencas hidrográficas como también los cuerpos de aguas, embalses provenientes de hidroeléctricas, cambio climático y un sin número de enfoques en las que se puede involucrar la subdisciplina Eco hidrológica (Rosito 2015).

Algunos estudios indican el uso de tecnologías como imágenes satelitales multitemporales, programas estadísticos y modelaciones hidrológicas para determinar

patrones espaciotemporales vinculados al estudio de las características Eco-hidrológicas (García *et al.* 2015, Smith *et al.* 1997, citado por Pizarro 2009).

Para conocer la interacción de la ecología y los procesos hidrológico sean desarrollado y utilizado modelos como DEMNAT, ICHORS, ITORS, ITORS-VL de los que se requieren datos específicos como red monitoreos constantes de la que se requieren datos ya existentes o desarrollados (profundidad del manto freático, conductividad eléctrica del agua subterránea, contenido del agua en el suelo, características químicas del agua del suelo (pH, concentraciones iónicas y nutrientes) y composición de la vegetación (Peters *et al* 2005). De la misma manera, es importante incorporar métodos que ayuden a conocer la calidad del agua como parámetros fisicoquímicos bacteriológicos y monitoreos de macroinvertebrados, los cuales son de gran utilidad para reconocer los impactos que poseen los cuerpos de agua productos de las actividades antropogénicas.

7.6. Interpretación de estudios Eco-hidrológicos:

La interpretación de estudios Eco-hidrológicos implica un análisis de los diferentes componentes de ecosistemas, considerando que la hidrología puede ser usada para conocer la regulación de la biota y esta servir para analizar los procesos hidrológicos, integrándose a una ingeniería ecológica que permita una gestión sustentable e integral de los recursos hídricos (Pizarro 2009).

Los resultados de los estudios Eco-hidrológicos buscan comprender el comportamiento de factores ecológicos vinculados con los cuerpos de agua y sus interacciones, con la finalidad de identificar estrategias para su restauración y conservación en una determinada área (Zalewski 2014).

Según Gonder de Beauregard *et al.* 2002 citado por Quintero 2006 la interpretación de estudios Eco-hidrológico está dada por tres pasos fundamentales:

- Estudio preliminar que indica conocer profundamente el ambiente abarcando los elementos como clima, suelo, vegetación, ocupación humana.
- Conocer los agentes, flujos y fuentes de contaminación que pudiera estar provocando inestabilidad al desarrollo sostenible de uso de la tierra constituido por la cuenca
- Proponer estrategias encaminadas al uso de tecnologías que ayuden a mejorar las condiciones de los ecosistemas ambientales de las cuencas.

7.7. Influencia de las represas sobre los factores Eco-hidrológicos en cuencas hidrográficas

Un embalse consiste en un ecosistema o una unidad ecológica que posee diferentes características artificiales, naturales, riberas, formas y otras dimensionales que la caracterizan dentro de una cuenca colectora y dependiendo de la precipitación que cae sobre ella (Martínez 2000). Mediante la intervención humana se han construido embalses artificiales (represas) que han operado como una herramienta fundamental para la regulación de los caudales.

Algunos de los impactos de la construcción de represas son las alteraciones hidrológicas y geomorfológicas (López *et al.* 2003).

Según Hernández 2002, los embalses son los responsables de inundar el cauce y los valles afectando directamente las condiciones normales de los factores Eco-hidrológicos, ya que cambian los patrones del ciclo hidrológico. Según López 2003 y Menchaca Dávila *et al.* 2011, entre las influencias que podemos citar de las afecciones que pueden darse por el establecimiento de embalses en una cuenca hidrográficas son:

- Cambios en la calidad del agua a la salida del embalse
- Disminución de la carga de fondo y de sedimento en suspensión
- Variación de la temperatura del agua
- Reducción de caudales derivación de parte de la aportación a través de canales
- Reducción del número e intensidad de crecientes
- Cambios en el régimen fluvial
- Deterioro de fuentes naturales de alimentación

Sin embargo, los embalses también tienen impactos positivos y en muchos casos pueden ser propulsores de desarrollo y bienestar económico y social (Martínez 2002). Para López *et al.* 2003, algunos de los impactos positivos son:

- Satisfacer diversas demandas de agua y energía eléctrica a los usuarios.
- Control de inundaciones.
- Suministro a zonas de regadío a través de canales.
- Construcción de infraestructura de acceso (camino y carreteras)
- Proveer bienes recreativos para las comunidades.

Bajo este contexto, es importante un monitoreo ambiental del impacto de las represas en las cuencas hidrográficas que nos permita determinar su vulnerabilidad ante la perturbación de las actividades antropogénicas (Maldonado 2011). Una alternativa para este monitoreo puede considerar el uso de indicadores Eco-hidrológicos (Maldonado 2011) que contribuyan a evaluar el manejo y gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca. Entre los instrumentos más comunes está la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).

7.8. Modelación hidrológica en cuencas

Ciclo Hidrológico, modelación en cuencas

Comprender el comportamiento hidrológico es un aspecto fundamental y necesario en el manejo de los territorios o paisajes, y más aún si se toma a la cuenca como unidad de análisis. Las cuencas hidrográficas se definen como zonas geográficamente delimitadas en las cuales se desarrollan actividades, ambientales, agrícolas, económicas y sociales, cuyos elementos naturales principales y básicos como el agua, el suelo, la vegetación y el clima –y sus interacciones- deben ser conocidos con la finalidad de entender los diferentes procesos biofísicos que en ella se desarrollan (Ríos 2018).

El ciclo hidrológico, se basa principalmente en la circulación del agua en la tierra, que requiere cinco procesos fundamentales (condensación, precipitación, infiltración, escorrentía y evapotranspiración (Campos Aranda 1992; NASA 2003), constituyendo una de las fases más importante que mantiene las condiciones naturales de las cuencas hidrológicas (Madrey Rascón, *et al.* 2000).

Balance Hídrico: es una de las leyes más importante de la hidrología que se necesita datos históricos para poder estimar de manera exacta los resultados, por ello Penman 1956 citado por Carvajal 2017 nos plantea la siguiente formula:

$$P = Q + ET \pm S$$

Donde:

P = precipitación

Q = escorrentía

ET = evapotranspiración

S = cambio en el almacenamiento de agua en el suelo

Para analizar el comportamiento hidrológico a escala de cuenca se hace uso de modelos hidrológicos.

7.9.Simulación hidrológica:

Para Parra et al 2005 ha definido a la simulación como aquel soporte necesario para el proceso de elaboración de un proyecto de modelación con distintas aproximaciones, abarcando significativamente la elaboración de imágenes que constituyen una representación matemática que puede o no puede reflejarse a la realidad validando un modelo en específico.

Existen ventajas de los modelos de simulación según Ruiz y Oregui 2002 citado por Parra 2005, entre estos tenemos:

- Posibilitar el análisis de un determinado sistema bajo situaciones en las cuales la experimentación no es factible, principalmente por el costo que ella supondría en recursos humanos, económicos y de tiempos.
- Facilitar el estudio de los efectos a largo plazo.
- Permitir la incorporación de elementos de incertidumbre, intrínsecos por otra parte a los sistemas biológicos.
- Trabajar de manera simultánea con gran cantidad de variables.
- Generar cantidades importantes de resultados y datos en poco tiempo.
- Su construcción induce al investigador a hacer un estudio objetivo del sistema.

La simulación de la hidrología de la cuenca se divide en dos fases:

1. La Fase Terrestre del ciclo hidrológico, que consiste en la cantidad de agua, sedimentos y pesticidas transportados hacia una salida principal por cada subcuenca que controla la

cantidad de agua, sedimentos y pesticidas transportados hacia el canal principal por cada subcuenca.

2. La Fase de Enrutamiento del agua, que controla el movimiento del agua, sedimentos, etc. a través del canal principal hasta el sitio de descarga de la cuenca (Brandizi, s.f.)

7.10. Modelo hidrológico SWAT

El Soil and Water Assessment Tool (SWAT), es un software de modelamiento hidrológico semi-distribuido desarrollado por el Dr. Jeff Arnold para el Servicio Agrícola de Investigación/ARS (Neitsch, *et al.* 2005). Este modelo permite simular la producción de agua y sedimentos en cuencas hidrográficas, así como el efecto en la calidad del agua, tienen las prácticas agronómicas por el uso de pesticidas y fertilizantes (Oñate-Valdivieso *et al.* 2007).

SWAT, trabaja sobre la plataforma de los programas de ESRI (ArcGis y QGis), que permite organizar y procesar datos climáticos y geográficos de entrada. Los insumos que el modelo requiere son: Clima (mínimo precipitación y temperatura), uso/cobertura de suelo (cobertura), propiedades de suelos, modelo de elevación digital (MED) y red de drenajes; los cuales son procesados bajo un modelo de balance hídrico que produce importantes datos para un análisis de escenarios en una cuenca hidrográfica (Samaniego 2013).

El modelo SWAT considera dos fases: Fase terrestre del ciclo hidrológico y fase de enrutamiento. La primera fase corresponde a la fase terrestre del ciclo hidrológico, donde se conocerá la cantidad de agua, sedimentos, erosión que ingresan al canal principal de la microcuenca, luego de ello se procede a la segunda fase que indica el movimiento de agua y de los sedimentos que van a la salida de la microcuenca (Hurtado *et al.* 2017).

El ciclo hidrológico simulado por SWAT está basado en la ecuación de balance:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

Donde:

SW_t = contenido final de agua en el suelo (mm)

SW_0 = contenido inicial de agua en el suelo diario (mm)

t = tiempo en días

R_{day} = precipitación diaria (mm)

Q_{surf} = escorrentía superficial diaria (mm)

E_a = evapotranspiración diaria (mm)

W_{seep} = cantidad de agua que se infiltra en el suelo diariamente (mm)

Q_{gw} = flujo de retorno diario (mm)

Producción de agua en SWAT (WYLD):

Definido como el importe neto de agua que sale de la microcuenca y contribuye al caudal del río (Ríos *et al.* 2014).

$$\text{WYLD (mm)} = \text{SURQ} + \text{LATQ} + \text{GWQ} - \text{TLOSS}$$

Donde:

SURQ: Escorrentía superficial (mm)

LATQ: flujo lateral (mm)

GWQ: agua subterránea que llega a los ríos (mm)

TLOSS: pérdidas por transmisión- abstracciones estanque (mm)

Erosión y sedimentación en SWAT: Para calcular la pérdida de erosión de los suelos y la sedimentación se emplean métodos específicos como USLE, RUSLE y MUSLE. La ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) calcula la producción diaria de sedimentos y requiere insumos como erosividad, erodabilidad, factor de pendiente y factor de prácticas de conservación de suelos. La ecuación universal de pérdida de suelos-Revisada (RUSLE), estima la erosión anual con los mismos componentes de la USLE, con la diferencia en el cálculo de los factores L y S. La ecuación universal de pérdida de suelos-Modificada (MUSLE), calcula la producción de sedimentos diaria, pero sustituye el factor de erosividad (R) por el factor independiente de escorrentía ($Q \cdot qp$) (Carvajal 2017).

Para el cálculo de erosión y producción de sedimentos, el modelo hidrológico SWAT (modelo matemático considerado a usar en el presente estudio) emplea el método MUSLE (Williams y Berndt 1977 y Da Silva *et al.* 2016 citados por Carvajal 2017), expresado en la siguiente ecuación:

$$Y = 11,8 (Q_{sup} + q_{pico} + Area_{hru})^{0.56} * K * LS * C * P * CFRG$$

Donde:

Y= producción de sedimento después de un evento de lluvia (ton)

Q_{sup} = escorrentía superficial (mm)

Q_{pico} = caudal pico ($m^3 s^{-1}$)

$Area_{hru}$ = área de la unidad de respuesta hidrológica (ha)

K= factor de erodabilidad del suelo ($(0,013 \text{ ton}^{-1} m^2 h) / (m^3 \text{ ton cm})$)

LS = factor topográfico (adimensional)

C = factor de uso del suelo (adimensional)

P = factor de prácticas de conservación de suelos (adimensional)

CFRGG = factor de fragmentación de la tierra (adimensional).

7.11. Calibración hidrológica

La calibración es el proceso en la que identifican valores de los parámetros a estudiar de un modelo en específico buscando conocer una serie de datos simulados y que los mismos se ajusten de la mejor manera posible, evitando minimizar errores recurrentes en los modelos hidrológicos.

Para tener una seguridad de que los datos que se obtengan son los seguros siempre se realiza una serie de procesos, llamados:

1. Prueba y error: es el método que mayormente utilizan los investigadores con el fin de conocer cualquier error y ajustarlo manualmente.
2. Automática Optimiza los valores de los parámetros utilizando técnicas numéricas: este método es más rápido, pero a la vez muy complejo, ya que el método sugiere aplicar el primer método para luego optimizar dando lugar a la calibración automática generando resultados en menos tiempo (Cabrera, s.f.).

8. METODOLOGÍA

8.1 Ubicación del área de estudio:

La microcuenca de la quebrada Bonyic, se encuentra ubicada en la subcuenca del río Teribe, cuenca del río Changuinola en la zona noroccidental de la República de Panamá en la provincia de Bocas del toro, distrito de Changuinola. La cuenca del río Changuinola es identificada en el país con el N° 91 y desemboca en el mar Caribe.

La microcuenca del río Bonyic se encuentra dentro de los límites del Bosque Protector Palo Seco (BPPS) y con la zona de amortiguamiento del Parque Internacional la Amistad (PILA), área protegida compartida con Costa Rica. La microcuenca presenta un clima tropical, con una temperatura media anual de 25.7 °C y una precipitación promedio anual de 2594 mm. Los menores registros de precipitación se dan en febrero (promedio de 140 mm) y los mayores en julio, con un promedio de 316 mm (Climate-Data 2018).

Las coordenadas de la microcuenca de la Quebrada Bonyic son:

La microcuenca de la quebrada Bonyic está ubicada en las coordenadas 9°10'22.66" hasta 9°21'44.64" Latitud Norte y 82°42'55.44" a 82°34'40.08" Longitud Oeste. Tiene una superficie de 174.23 km², equivalente a 17422.81 ha (**VER FIGURA N° 2**).

La población de la microcuenca es de predominancia indígena (Etnia Naso Tjër Di), cultura Naso, que está regida por una monarquía y en la cual mantienen sus tradiciones, costumbres y cuidado por los recursos naturales, son conocidos desde las primeras exploraciones españolas (ATP 2019), donde penetraron por la región bañada del río Teribe y sus afluentes (Reverte 2008). La cultura está dirigida por un CACIQUE o Jefe Hereditario a quien deben respeto y adoración de una edad avanzada al cual llaman REY (Reynaldo Alexis Santana) (Reverte 2008).

Su territorio mantiene un ambiente agradable con gran diversidad de fauna y flora de los cuales cuidan y conservan mucho, manteniendo las enseñanzas de sus ancestros, ubicándose dentro del BPPS y EL PILA (ATP 2019).

La población indígena Naso mantienen una relación social con la Empresa Hidroecológica del Teribe, que tratan de crear proyectos que encaminen a dar a conocer su cultura mediante la realización de ferias que incentiven a los jóvenes de la cultura Naso a seguir sus tradiciones y habilidades, mostrando todos sus dotes que practican (**VER ANEXO N°1**).

La microcuenca también cuenta con la Central Hidroeléctrica Bonyic que genera 31,8 megavatios (MW) de capacidad y construida en el año 2015 alimentada por las aguas de la quebrada Bonyic donde se almacenan y regulan al embalse de 18 hectáreas que posee un túnel superior de 3. 621 metros y una presa de 44 metros de altura (Hidroecológica del Teribe, S.A.).

Sus inicios se dan en el año 2004 donde Hidroecológica del Teribe inicia procesos de información sobre el área e involucra reuniones con los diferentes grupos indígenas del área.

Desde la construcción y diferentes procesos que se han dado en la Empresa Hidroecológica del Teribe y el Grupo EPM, se han venido trabajando en lograr mantener armonía con las comunidades vecinas y las instituciones, mediante programas que mantengan una comunicación directa y permanente, logrando mantener relaciones estables, y evitar de esta manera confrontaciones similares a antes de la construcción de la hidroeléctrica.

Bonyic se ha convertido en una de las primeras centrales de generación de energía hidráulica del Grupo EPM construida en el extranjero, en este caso en Panamá, el cual ha generado 1,400 empleos durante las fases más altas de la construcción donde el 30% eran de origen NASO, convenio acordado en las reuniones, donde se planteó que dentro de las operaciones deberían contratarse personal de la cultura NASO (Hidroecológica del Teribe, S.A.).

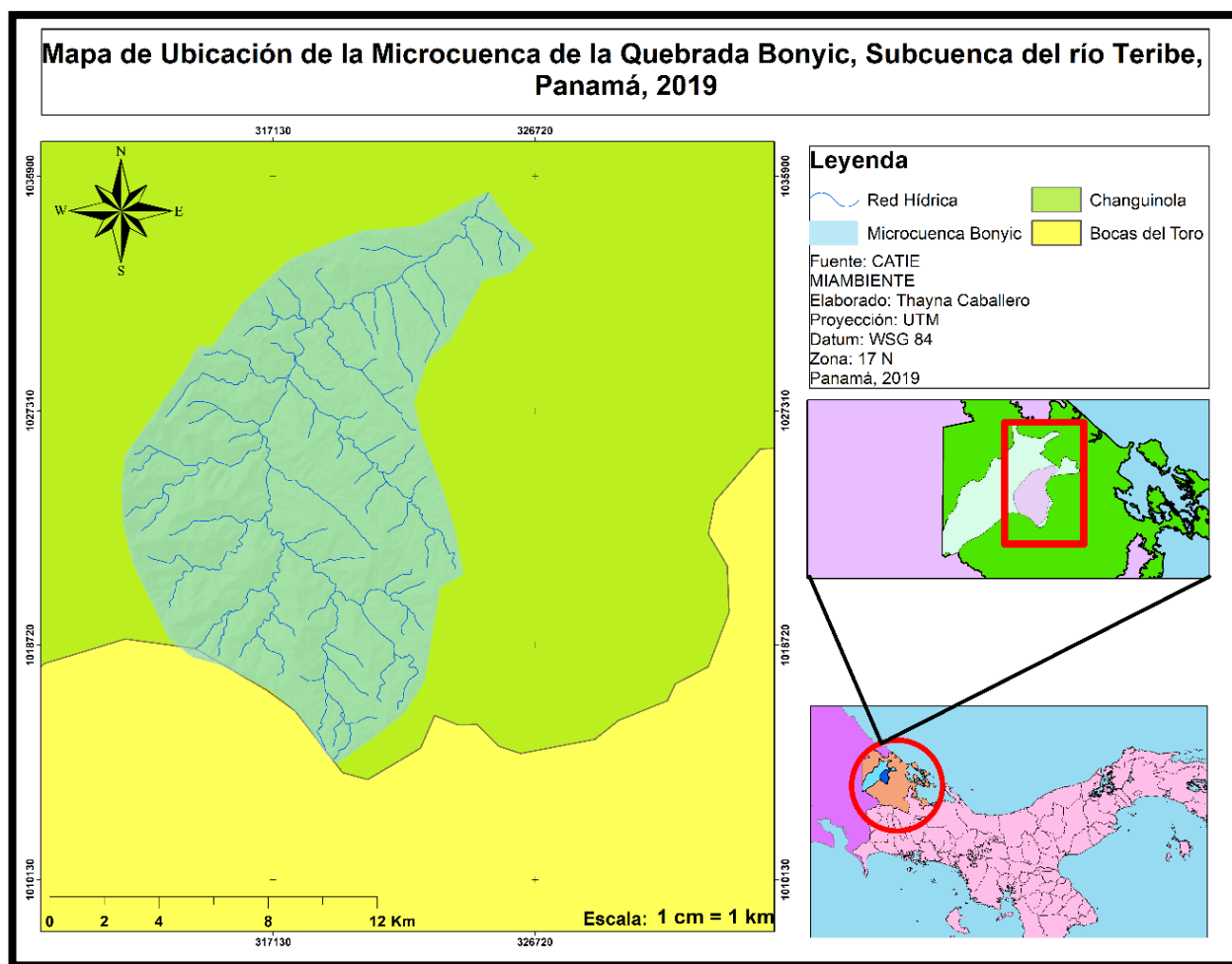


Figura 2 Mapa de Ubicación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic

Para el desarrollo de este estudio se contó con la participación directa de la Empresa Hidroecológica del Teribe, S.A. responsable de la construcción de la Central Hidroeléctrica Bonyic, la cual brindó apoyo logístico y acceso a su base de datos. Asimismo, se contó con la participación de los productores del lugar. Otras instituciones que también brindaron información: CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y Caribe), Mi Ambiente y personal del Instituto Conmemorativo GORGAS de estudio de la Salud.

8.2. Descripción del área de estudio:

La microcuenca de la quebrada Bonyic, ha tenido grandes cambios tanto positivos como negativos, debido al aumento demográfico que ha surgido en los últimos años, además que se ha convertido en uno de los ríos más importante para la provincia de Bocas del Toro, ya que es la propulsora de proporcionar agua para la generación de energía de la Central Hidroeléctrica Bonyic.

La hidroeléctrica tiene un efecto positivo en el desarrollo de los habitantes de la microcuenca de la quebrada Bonyic, creando proyectos destinados a salvaguardar los recursos naturales de la microcuenca, mitigando los efectos que pueda haber ocasionado la construcción del embalse, sin embargo, es importante conocer el estado actual de los componentes Eco-hidrológicos en la microcuenca.

8.3. Procedimiento Metodológico:

8.3.1. Objetivo específico 1. Describir y analizar la condición Eco-hidrológica actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic.

Para el desarrollo desde este primer objetivo fue necesario tomar en consideración el uso del Software SWAT como herramienta importante de procesos hidrológicos. Es por ello que la base de información para la caracterización se obtuvo de datos proporcionados por la Empresa Hidroecológica del Teribe, CATHALAC Y MIAMBIENTE.

Para tener los primeros resultados de este objetivo se procedió a utilizar el modelo hidrológico SWAT, destacando que para dicho modelo se debe contar con dos insumos necesarios: datos climáticos (al menos temperatura y precipitación) y cartográficos (CCUS, tipo de suelo, red hídrica, MED-Modelo de elevación digital) (**VER FIGURA N°3**).

SWAT para realizar el modelamiento correcto, inicio su procedimiento delimitando el área de estudio con el uso del modelo de elevación digital (MED) para luego incorporar la red de drenaje de la microcuenca dividiendo a la cuenca en subcuencas. Luego de ello, SWAT requiere que se llamen los archivos en formato shapefile o grip que contiene la información de uso de suelo y tipo de suelo de la microcuenca para así proceder a crear las HRU (Unidad de respuesta hidrológica). Al tener listos los HRU, SWAT requiere que se realice la simulación mediante el uso de los datos climáticos del área de estudio.

Al tener poca información se consideró emplear dos variables necesarias para la simulación (precipitación y temperatura). Es importante recalcar que la microcuenca al tener una hidroeléctrica fue necesario suministrar información del embalse. De esta manera, al SWAT correr debidamente se procedió a realizar la calibración de los datos de entrada, salida

y almacenamiento de agua de la microcuenca proporcionados por el programa (línea base de producción de agua y sedimentos) (Brandizi 2012).

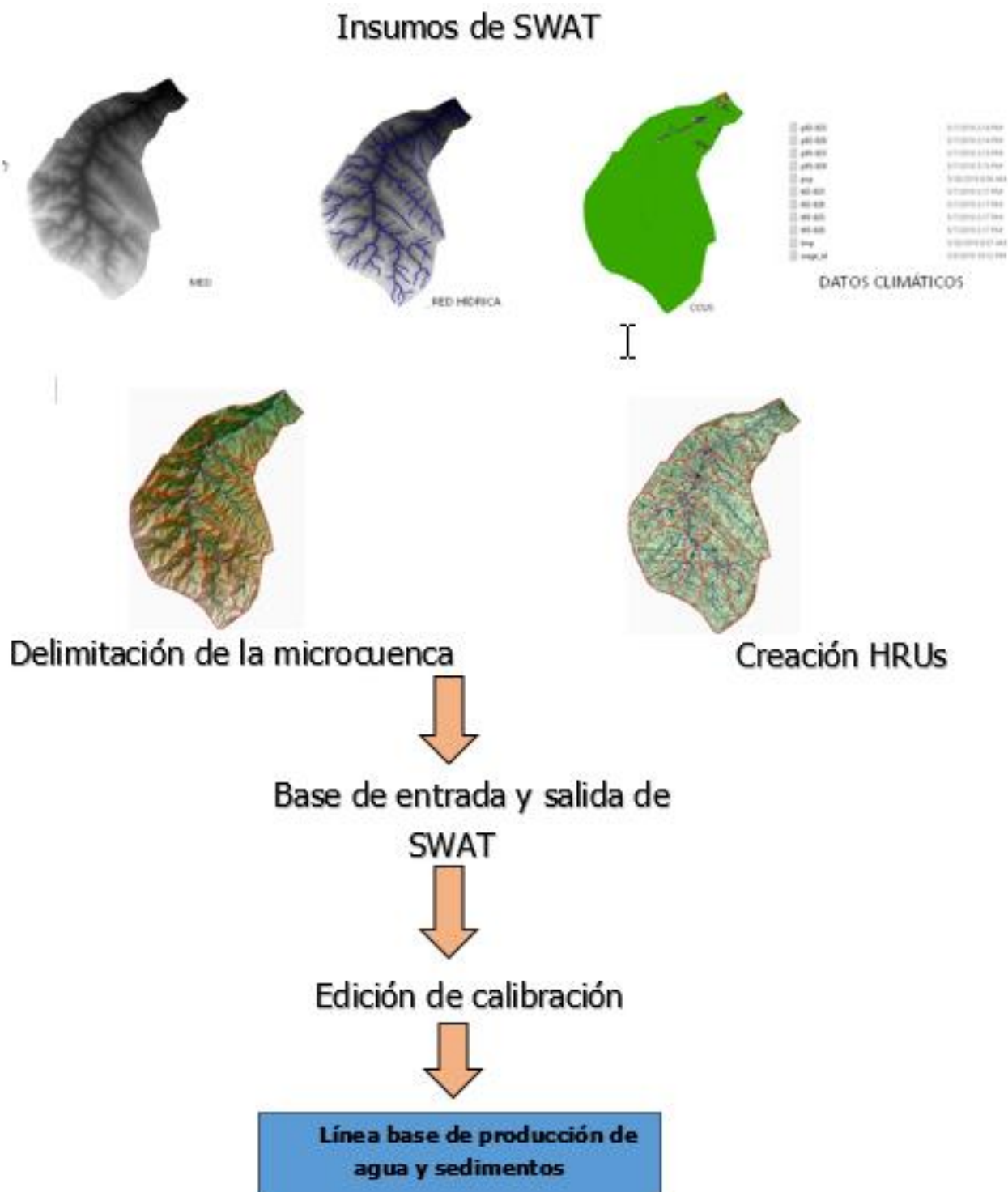


Figura 3 Procedimiento de modelación de SWAT

Desarrollo de los requerimientos de SWAT:

Delimitación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic

Al tener la cuenca delimitada se procedió a darle los insumos correspondientes a SWAT mediante el programa QGIS 2.18.18:

Insumos cartográficos:

Información topográfica: se descargó el modelo de elevación digital de terreno (MED) de la plataforma (**Google Earth Engine**) con una resolución de 30 m de tres segundos de arco y proyección geográfica Datum WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial) para delimitar el área de estudio por medio del programa QGIS 2.18.18.

Información de uso de suelo: para la obtención de este insumo se accedió a obtener datos de uso de suelo de MIAMBIENTE PANAMÁ de las que se nos compartieron shape de los años 2000 y 2012.

Tipo de suelo: Panamá no cuenta con información de tipo de suelo y mucho menos para el área de estudio. La obtención de este dato fue de la plataforma **SOIL AND TERRAIN DATABASE FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN Y FAO** para luego realizar la reclasificación.

Insumos climáticos:

Los datos climáticos suministrados por la Empresa Hidrogeológica del Teribe, fueron analizados para su previo uso, sin embargo, los datos climáticos que poseía la misma no eran suficientes para el modelamiento del programa, por lo tanto, no se pudo hacer uso total de los mismos, debido a que SWAT necesita por lo menos precipitación y temperatura (diarios) por estación con coincidencia en los datos cartográficos para su procesamiento.

Se ingresó a la página de web de ETESA (Empresas de Transmisión Eléctrica S.A) de Panamá, se seleccionó el punto de estudio y se verifico los datos disponibles y no fueron suficientes. Por tanto, se utilizo información global de la base de datos de SWAT.edu.tamu, verificando que los datos correspondieran a estaciones localizadas en el área de estudio. Se obtuvieron las siguientes estaciones con datos diarios en años exactos (01/01/1979 - 31/07/2014) con los insumos anteriores:

Los datos climáticos fueron:

ESTACIONES	LONGITUD	LATITUD
92-825	-82.5	9.21074963
92-828	-82.8125	9.21074963
95-825	-82.5	9.52297974
95-828	-82.8125	9.52297974

Cuadro 2 Estaciones climáticas de SWAT

Los datos climáticos diarios para SWAT fueron generados uniendo datos climáticos de la plataforma de la NASA (NASA Prediction of Worldwide Energy Resources) de la fecha

1/01/1981 al 31/12/2018 y datos climáticos diarios de la plataforma de SWAT de 01/01/1979 – 31/08/2014 para así tener datos completos del área de estudio.

Los procedimientos que se dieron con el modelamiento de SWAT fueron principalmente los siguientes:

1. Producción de agua y sedimentos

Se estimó la producción de agua, erosión y sedimentación mensual del año 2018 de la microcuenca de la quebrada Bonyic mediante el uso del software SWAT. Las variables estudiadas fueron:

Para obtener **la producción de agua y Erosión** se empleó la ecuación de balance hídrico. Se utilizó la extensión QSWAT 1.5, versión de SWAT para el programa de sistemas de información geográfica QGIS 2.18.18.

(1) La ecuación de balance del ciclo hidrológico simulado por SWAT es:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

Donde:

SW_t = contenido final de agua en el suelo (mm)

SW_0 = contenido inicial de agua en el suelo diario (mm)

t = tiempo en días

R_{day} = precipitación diaria (mm)

Q_{surf} = escorrentía superficial diaria (mm)

E_a = evapotranspiración diaria (mm)

W_{seep} = cantidad de agua que se infiltra en el suelo diariamente (mm)

Q_{gw} = flujo de retorno diario (mm)

(2) Ecuación para Producción de agua:

$$WYLD_{(mm)} = SURQ + LATQ + GWQ - TLOSS$$

Donde:

SURQ: Escorrentía superficial (mm)

LATQ: flujo lateral (mm)

GWQ: agua subterránea que llega a los ríos (mm)

TLOSS: pérdidas por transmisión- abstracciones estanque (mm)

(3) Ecuación para erosión y la sedimentación (ton).

$$Y = 11,8 (Q_{sup} + q_{pico} + Area_{hru})^{0.56} * K * LS * C * P * CFRG$$

Donde:

Y= producción de sedimento después de un evento de lluvia (ton)

Q_{sup} = escorrentía superficial (mm)

Q_{pico} = caudal pico (m^3s^{-1})

$Area_{hru}$ =área de la unidad de respuesta hidrológica (ha)

K=factor de erodabilidad del suelo ($(0,013 \text{ ton}^{-1}m^2h) / (m^3 \text{ ton cm})$)

LS = factor topográfico (adimensional)

C = factor de uso del suelo (adimensional)

P = factor de prácticas de conservación de suelos (adimensional)

CFRGG = factor de fragmentación de la tierra (adimensional) (Carvajal 2017).

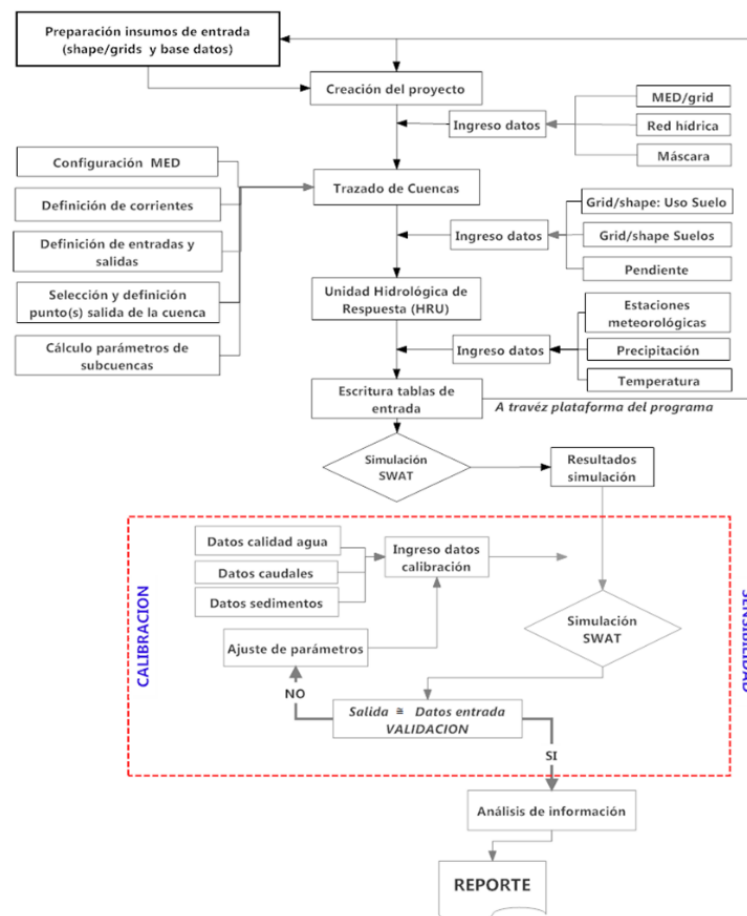


Figura 4 Esquema del Procesamiento del Modelo SWAT (FUENTE: Carvajal 2017)

Los datos suministrados al programa del embalse fueron los siguientes:

DATOS NECESARIOS PARA LA SIMULACION EN SWAT			
SIMBOLO	DETALLE	UNIDAD	DATO
MORES	Mes en que el reservorio entro en operación	1	Octubre
IRES	Año en el que el reservorio entro en operación	1	2014
RES_ESA	Área de la superficie del reservorio cuando se llena hasta el aliaviadero	HAS	18 hectáreas
RES_EVOL	Volumen de agua necesaria para llenado del reservorio (10 ⁴ M ³)		17.64 m ³ (119)
RES_VOL	Volumen inicial del reservorio	104 M3	0.5 Mm ³ (50)
RES_SED	Concentración inicial de sedimento en el reservorio (Mg/L)	Mg/L	4000
RES_NSED	Concentración de equilibrio de sedimento (Mg/L)	Mg/L	4000
RES_PVOL	Volumen de agua necesaria para el principal aliavadero	104 M ³	1,381.000 m ³ (100)
RES_PSA	Área de superficie del reservorio llenado a la fundación principal	HAS	140.18 m ²
RES_D	Diámetro medio de la partícula de sedimento		Granulometría-Se adquiere con el aforo de solidos suspendidos (50)
RES_K	Conductividad hidráulica del reservorio	mm/HORA	0
EVRSV	Coficiente de operación del lago		0
IRESCO	Código de salida de simulación		Average Annual Release
RES_RR	Promedio diario principal de lanzamiento		100
NDATARGR	Número de días para alcanzar el almacenamiento del reservorio actual		2 días
OFLOWMN_FPS	Reservorio mínimo de salida como fracción del volumen principal de fondos		2 hectáreas (0.5)

Cuadro 3 Datos necesarios para la simulación en SWAT

Para seguir con la simulación se realizó la calibración correspondiente, modificando los parámetros de la humedad relativa de la zona y evapotranspiración.

Para el área de estudio fue necesario colocar una humedad relativa de (FFCB) 0.6 y el método PET utilizado para dar ajuste al modelo fue con el método Hargreaves. Y de esta manera lograr la calibración y tener un rango aproximado entre el caudal observado y el caudal simulado. De esta manera tener la calibración exacta del proceso con los resultados esperados.

Es importante mencionar que para asegurar que existía una correlación entre el dato simulado y observado se realizó una prueba de correlación.

2. Ancho y continuidad de vegetación ribereña:

Se evaluó el ancho y continuidad de la vegetación ribereña en el cauce principal de la microcuenca. La herramienta utilizada para este análisis espacial fue ArcMap 10.3 con ayuda de imágenes satelitales descargadas de la plataforma **EARTH EXPLORER USGS** con pixeles de 38.220 m y 30.001 m, respectivamente para su análisis. También se añadieron datos de la plataforma **EOS de EATH OBSERVING SYSTEM** por la que se evaluaron las imágenes satelitales por años – color natural 4, 3, 2, RGV. (1987, 2000, 2005, 2014 y 2017).

Las imágenes satelitales empleadas fueron LANDSAT 8, caracterizada con las bandas 4 (rojas) que permiten un mayor contraste de áreas con y sin vegetación, discriminar gradientes de vegetación, y de la misma manera áreas urbanas y protegidas (Franco 2017).

Las imágenes Landsat/Sentinel utilizadas para el estudio fueron específicamente bandas 3, 4 y 5. Caracterizadas de la siguiente manera:

Banda 3 (Verde 0.533 – 0.590 μm , resolución: 30 m) la misma está diseñada para evaluar la vigorosidad de la vegetación sana, diferenciar tipos de rocas y medir la calidad de agua.

Banda 4 (Rojo 0.636 – 0.673 μm , resolución: 30 m): determina la absorción de clorofila, por ello muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal, agricultura y uso del suelo.

Banda 5 (Infrarrojo cercano (NIR) 0.851 – 0.879 μm , resolución: 30 m): mide el infrarrojo cercano, o NIR. Esta parte del espectro es especialmente importante para la ecología porque las plantas saludables (Franz, PC, 2017).

Se consideró la Ley Forestal de Panamá, artículo 23 para evaluar el ancho y continuidad de la vegetación ribereña, donde dicha ley sustenta que todos los ríos del país deben tener una vegetación ribereña impecable de la cual se debe respetar 100 m de las riberas o embalses naturales, al observar dicha ley se verifico que la vegetación de la microcuenca de la quebrada Bonyic se mantuviera con el detalle de la ley.

Considerando los siguientes artículos de la Ley 1 de 3 de febrero de 1994 (G.O 22.470 de 7 de febrero de 1994), Legislación Forestal de la República de Panamá de la Autoridad

Nacional del Ambiente, que establece la Ley N°1 " Por La Cual Se Establece La Legislación Forestal En La República D Panamá Y Se Dictan Otras Disposiciones" según artículo:

Artículo 23.

Queda prohibido el aprovechamiento forestal; el dañar o destruir árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas, ríos y quebradas. Esta prohibición afectará una franja de bosques de la siguiente manera:

1. Las áreas que bordean los ojos de agua que nacen en los cerros en un radio de doscientos (200) metros, y de cien (100) metros si nacen en terrenos planos;
2. En los ríos y quebradas, se tomará en consideración el ancho del cauce y se dejará a ambos lados una franja de bosque igual o mayor al ancho del cauce que en ningún caso será menor de diez (10) metros;
3. Una zona de hasta cien (100) metros desde la ribera de los lagos y embalses naturales.
4. Las áreas de recarga acuífera de los ojos de aguas en que las aguas sean para consumo social.

Estos bosques a orilla de los cuerpos de aguas, no pueden ser talados bajo ningún argumento y serán considerados bosques especiales de preservación permanente.

Artículo 24.

En las cabeceras de los ríos, a lo largo de las corrientes de agua y en los embalses naturales o artificiales, cuando se trate de bosques artificiales, queda prohibido el aprovechamiento forestal, así como daños o destrucción de árboles o arbustos dentro de las siguientes distancias:

1. Las áreas que bordean los ojos de agua que nacen en los cerros en un radio de cien (100) metros, y de cincuenta (50) metros, si nacen en terrenos planos;
2. En los ríos y quebradas se tomará en consideración el ancho del cauce y se dejará el ancho del mismo a ambos lados, pero en ningún caso será menor de (10) metros; también podrá dejarse como distancia una franja de bosque no menor de diez (10) metros;
3. En las áreas de recarga acuífera en un radio de cincuenta (50) metros de los ojos de agua en que las mismas sean para consumo social; y
4. En los embalses naturales o artificiales hasta diez (10) metros desde su nivel de aguas máximo. Y cuando sean explotables, podrán talarse árboles que estén previamente marcados por el **INRENARE**, siempre y cuando el propietario o inversionista se obligue a la reforestación, a más tardar en la época lluviosa inmediata.

Considerando la Ley Forestal de Panamá se procedió a las verificaciones y de ello, se procedió a aumentar en 400 m más para tener mayor información que el ancho de continuidad de la vegetación ribereña se mantuviera de acuerdo a lo reglamentado por la ley.

Calidad de agua:

Metodología de Campo:

a. Macroinvertebrados

Muestreo de macroinvertebrados:

La recolecta de los macroinvertebrados se realizó en nueve (9) puntos de muestreo a lo largo de la microcuenca de la quebrada BONYIC, priorizando puntos anteriores empleados en estudios de calidad de agua de la EMPRESA HIDROECOLOGICA DEL TERIBE (**VER FIGURA N°5**). De los nueve (9) puntos muestreados en campo, se escogieron 8 puntos, debido a que el punto 9 (Aguas arriba del río Teribe) con coordenadas UTM 1035440, 17 P 0317514 se encontraba fuera del área de investigación.

ESTACIÓN	NOMBRE	X	Y	ALTURA
E1	Agua Caliente (PILA)	317514	1028090	312.7248 m.s.n.m
E2	Cola del Embalse	318239	1030272	257.251 m.s.n.m
E3	Debajo de la Presa (Michila)	319132	1030973	62.484 m.s.n.m
E4	Entre la presa y casa de máquina (El Salto)	322908	1033092	170.993 m.s.n.m
E5	Convergencia Quebrada Rancho Quemao/Quebrada Bonyic (Casa Maquina)	322908	1033092	94.1832 m.s.n.m
E6	Quebrada Palanquilla	322695	1033450	96.012 m.s.n.m
E7	Entre casa de máquina y la desembocadura de la Quebrada Bonyic	320138	1031487	65.2272 m.s.n.m
E8	Desembocadura Quebrada Bonyic/Teribe	317514	1028090	49.0728 m.s.n.m

Cuadro 4 Puntos de muestreos seleccionados

Se realizaron dos giras de campo; una durante la época lluviosa (finales de diciembre de 2018) y la época seca (finales de enero e inicios de febrero de 2019).

E1. AGUA CALIENTE (PILA)



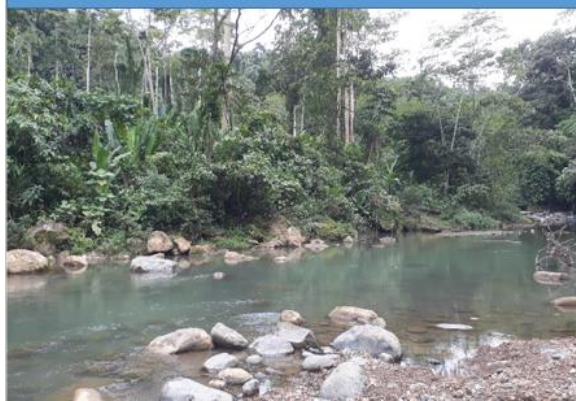
E2. COLA DEL EMBALSE



E3. Debajo de la Presa (Michila)



E4. ENTRE LA PRESA Y LA CASA MÁQUINA



E5. CONVERGENCIA QDA. RANCHO QUEMAO/QDA. BONYIC (CASA MÁQUINA)



E6. QUEBRADA PALANQUILLA



E7. Entre casa de máquina y la desembocadura de la Quebrada Bonyic



E8. DESEMBOCADURA DE LA QUEBRADA BONYIC/TERIBE



Figura 5 Estaciones De Monitoreo Biológico

La recolecta se realizó empleando una red tipo D con base de 0.30 m y de ojo de malla de 500 micras, metodología realizada básica, de igual manera se utilizaron coladores con un tamaño de ojo de malla muy similares a la red tipo D (Cornejo, A., et al. 2017).

La red D se colocó en el fondo, contra corriente y se procedió a la remoción del sustrato con los pies, lo cual permitió que los organismos pudieran quedar atrapados en la red, y de esta manera tener mayor cantidad de macroinvertebrados (paso realizado en los 8 puntos de muestreo).

La toma de muestreo de organismos bentónicos fue repetida por estación en tres tipos de hábitat (hojarasca y/o macrófitos, vegetación de orillas, contra corriente o rápido) en un recorrido de 2 m por muestreo con un tiempo estimado de 15 minutos aproximadamente.

El material que quedo depositado en la red tipo D y los coladores fueron colocados en el tamiz para luego ser pasados en bandejas blancas, que favorecían visualizar de manera rápida los organismos recolectados y realizar una limpieza antes de ser depositados en envases de plásticos con alcohol de 75%, con su etiqueta respectivamente. De esta manera las muestras fueron transportadas al laboratorio para su previo análisis. El laboratorio empleado fue el de la Universidad de Panamá, CRUBO, laboratorio de Biología (**VER FIGURA N°6**).



Figura 6 Recolecta de Macroinvertebrados

Metodología de Laboratorio

a. Análisis de macroinvertebrados

Se examinaron minuciosamente bajo equipos ópticos de estereoscopios y lupas, respectivamente, utilizando guías y claves ilustradas de uso del índice BMWP-CR de calidad de agua, tanto de la EARTH y la Universidad de Costa Rica para la identificación a nivel taxonómico de familia.

La identificación de los macroinvertebrados en laboratorio se realizó cada día después de regresar de campo con el fin de evitar que los organismos se descompusieran o perdiera características físicas (**VER FIGURA N°7**).



Figura 7 Identificación de macroinvertebrados en el Laboratorio






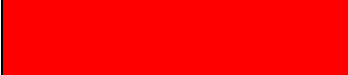
ANÁLISIS DE DATOS

Cálculo del Índice BMWP/PAN

El valor de tolerancia utilizado fue una integración del índice del BMWP/PAN (Cornejo *et. al.* 2017), y guías del BMWP/CR (Springer, M. *et al.* 2007) (Vázquez, D. *et al.* 2010). De esta manera se obtuvo los datos sumando valores de intolerancia de todas las familias colectadas en cada estación y sustrato.

La metodología mayor utilizada fue el BMWP (Biological Monitoring Working Party) / PANAMÁ desarrollada por (Cornejo *et al.* 2017) con el fin de identificar los macroinvertebrados recolectados en el listado taxonómico de los 77 de macroinvertebrados que existentes en la actualidad para Panamá.

Teniendo el puntaje de cada familia recolectada se procedió a realizar la clasificación del BMWP/PAN en una escala de 0 a 150 en 6 categorías.

RANGOS	CALIDAD DE AGUA	COLOR
150 o mas	Aguas de calidad excelente	
78 – 149	Aguas de calidad buena	
59 – 77	Aguas de calidad regular	
39 – 58	Aguas contaminadas	
20 – 38	Aguas muy contaminadas	
<19	Aguas extremadamente contaminadas	

(Cornejo, A. *et al.* 2017)

Cuadro 5 Categorías de Calidad Biológica del Agua de Acuerdo al BMWP/PAN

CALCULO DEL BMWP																
FAMILIA	EPOCA SECA								EPOCA LLUVIOSA							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
AMPULLARIDAE	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
BAETIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BLABERIDAE	8	8	88	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAENIDAE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CHIRONOMIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
COENAGRIONIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CORYDALIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CRAMBIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DRYPIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DYSTISCIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ELMIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
EUTHYPLOCIIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
GOMPHIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
HEPTAGENIIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
HIDROBIIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
HYDROBIOSIDAE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
HYDROPHILIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
HYDROPSYCHIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HYDROPTILIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LEPTOHYPHIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
LEPTOPHLEBIIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
LIBELLULIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
LUTROCHIDAE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NAUCORIDAE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
NOTONECTIDAE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
OLIGOCHAETA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PALAEMANIDAE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

PERLIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PHYLOPOTAMIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
PLANARIIDAE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PLATYSTICTIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
POLYCENTROPODIDAE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
POLYTHORIDAE	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
PSEPHENIDAE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
PTILODACTYLIDAE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
SIMULIIDAE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
STAPHYLINIDAE	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
THIARIDAE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
TIPULIDAE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
XIPHOCENTROIDAE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
TOTAL	190	190	270	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190

Cuadro 6 Calculo del BMWP

8.3.2. Objetivo específico 2. Conocer el comportamiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a la cobertura y uso del suelo antes y después del establecimiento del proyecto hidroeléctrico Bonyic.

Para conocer el comportamiento histórico de las variables eco-hidrológicas se procedió a realizar un análisis descriptivo con los datos obtenidos del comportamiento actual de las variables eco-hidrológicas en comparación al comportamiento histórico que se ha dado años atrás en la microcuenca de la quebrada Bonyic después del establecimiento del Proyecto Hidroeléctrico Bonyic. En la que se determinó la importancia de los cambios registrados en las condiciones Eco-hidrológicas de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.

Los años comparados fueron referidos desde el año 2000, 2012 y el actual (2018) específicamente con el objetivo de conocer la variación anual promedio en cuanto cobertura, uso de suelo, régimen hídrico, erosión/sedimentación vinculadas con la cobertura y uso de suelo del área de estudio. Al igual fueron evaluadas el ancho y continuidad de la vegetación ribereña antes, durante y después de la construcción de la hidroeléctrica Bonyic.

El objetivo fue dividido por variables. En la que se determinaron los cambios del antes y después del establecimiento del proyecto de la siguiente manera:

Cobertura y uso de suelo: Datos desarrollado con shape o grip proporcionados por CATHALAC, MIAMBIENTE con la ayuda del Software ArGis 10.3. Mediante el uso de este programa se realizaron los mapas correspondientes y poder de esta manera revisar detalladamente los cambios ocurridos en los años de estudio. Se crearon mapas de CUS donde se observaron cambios dados en los años de estudio.

Reforzando esta variable se procedió a bajar imágenes Satelitales Landsat 8 con bandas RGB 3, 4, 5 que se usarán para crear una imagen en color infrarrojo que determinaron la cobertura boscosa, el ancho y continuidad de la vegetación ribereña, dato que es reflejado por la resolución e infrarrojo que proyecta la imagen. Dichas imágenes fueron bajadas de la plataforma **EARTH EXPLORER USGS** con pixeles de 38.220 m y 30.001 m.

Las áreas de aplicación de la banda 3 con longitud de onda 630-690 nm color rojo es destinada para ser utilizada de la detección de los distintos tipos de vegetación y la identificación de estructuras (vegetación vigorosa) (Calvo Brenes 2015).

Al ver realizado la confección de mapas que proyectaron las diferencias que existieron durante el transcurso de los años, se reforzó añadiendo imágenes de color natural 4, 3,2, RGV obtenidas de la plataforma **EOS de EARTH OBSERVING SYSTEM** de los años 1987, 2000, 2005, 2014 y 2017.

Dichas imágenes fueron tomadas de acuerdo a la zona de estudio y que presentaran la menor posible de nubes para la época, considerando las mejores y con menor nubosidad.

Ancho y continuidad de la vegetación ribereña: dato desarrollado mediante el mapa confeccionado de la actualidad de la microcuenca de acuerdo a la variable de importancia, considerando crear mapas del antes, durante y después de la construcción de la hidroeléctrica, utilizando de la misma manera imágenes satelitales Landsat 8 con bandas RGB 3, 4, 5 de la plataforma **EARTH EXPLORER USGS** con pixeles de 38.220 m y 30.001 m de acuerdo al

cause principal, reforzando la variable mediante imágenes de color natural de la plataforma **EOS de EATH OBSERVING SYSTEM** de los años 1987, 2000, 2005, 2014 y 2017.

Calidad de agua:

La calidad de agua al igual que las anteriores variables eco-hidrológicas, se correlacionaron con los datos obtenidos del objetivo N°1, donde se tomó como referencia y revisión literaria de investigaciones de la calidad de agua del **BMWP/PANAMÁ**, de los datos suministrados por la **EMPRESA HIDROECOLOGICA DEL TERIBE** de los años 2010, 2011-2015 y 2016 comparándolos con el **BMWP/PANAMÁ**, actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic. Considerando los mismos puntos de muestreos de cada estudio, tanto época seca como época lluviosa.

Los datos del 2010 del **BMWP/PANAMÁ**, se refieren al monitoreo biológico dado durante las primeras etapas de la construcción de la Hidroeléctrica, 2011-2015 fueron años donde la construcción y la operación de la Hidroeléctrica fue mayor, disminuyendo el menor efecto o introducción de proyectos ambientales en el año 2016. De esta manera se realizó comparaciones de la calidad de agua de acuerdo al **BMWP/PANAMÁ** y ver de esta manera los años con mayor impacto y menor impacto o recuperación de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Bonyic.

Producción de agua y sedimentación:

Para obtener los datos de producción de agua y sedimentación se realizó la simulación de **SWAT**, tomando en consideración los puntos claves de la construcción de la hidroeléctrica. Tomando el dato anterior de simulación del año 1979 al 2000 como referencia a antes de la construcción de la hidroeléctrica Bonyic para luego realizar el simulado de los años 2000 al 2014 como fase de construcción e impacto directo de la hidroeléctrica para después pasar al simulado actual de los años 2014- 2018, esta última fase se consideró incluir los datos de la represa que pide **SWAT** como insumo principal cuando existe un embalse, ya que en la actualidad la hidroeléctrica se encuentra en funcionamiento (dato ejecutado en la primera simulación de **SWAT** en el objetivo N°1).

Realizando las simulaciones correspondientes a los años de estudio se obtuvo los datos de producción y sedimentación de las fases correspondientes al antes, durante la construcción y después de la construcción de la hidroeléctrica.

Teniendo las salidas de producción de agua y sedimentación se procedió a realizar los mapas correspondientes a las fases estudiadas para tener de esta manera comparaciones del área de estudio en años.

Es importante mencionar que se realizaron revisiones literarias del área de estudio, en cuanto a datos y factores climáticos dados en los años investigados para tener referencias y similitud de los datos de salida proporcionados por **SWAT**, ya que al tener conocimientos durante las corridas de **SWAT** se observaron aumentos de caudales en años anteriores a la construcción, lo cual produjo incertidumbre de los datos obtenidos, por ende se dio revisión literaria de la provincia de Bocas del Toro, donde se encuentra la microcuenca de la quebrada Bonyic.

También se realizó climogramas referentes a cada fase de estudio para tener mayor relevancia a los datos obtenidos de SWAT.

8.3.3. Objetivo específico 3. Comparar los resultados de los análisis eco-hidrológicos en la microcuenca de la quebrada Bonyic con las percepciones de los pobladores locales proponiendo estrategias orientadas al manejo y gestión integral del recurso hídrico.

El desarrollo de este objetivo fue sencillo, ya que por la escases de tiempo y presupuesto no se pudo realizar talleres para la obtención de percepción local-comunitaria, sin embargo se realizaron entrevistas semiestructuradas en las que se evaluaron las opiniones de la comunidad y de los técnicos de la empresa, basándonos en obtener información sobre las actividades que desarrolla el Proyecto Hidroecológico de El Teribe, conociendo sus puntos de vista de las variables eco-hidrológicas y de esta manera comparar los resultados de las percepciones y los datos obtenidos en los objetivos anteriores con el objetivo de proponer estrategias de manejo y gestión integral del recurso hídrico de la microcuenca.

De igual manera se realizaron revisiones literarias de los proyectos y trabajos ejecutados por la Empresa Hidroecológica de El Teribe para conocer las similitudes de cada dato proporcionado en las entrevistas realizadas.

9. RESULTADOS Y DISCUSION

Dando respuesta a cada de uno de los objetivos de la investigación mediante la metodología empleada se determinaron siguientes resultados y discusiones:

Describir y analizar la condición eco-hidrológica actual de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.

La eco-hidrología ha tenido buenos enfoques en los resultados obtenidos en la investigación, abarcando simultáneamente las vinculaciones entre las plantas, el ambiente biótico y el ciclo hidrológico (Peters *et al* 2005), considerando que son factores fundamentales para el desarrollo y mantenimiento de una cuenca. De tal manera que los resultados de la investigación fueron datos procesados individualmente con el fin de analizarlos de acuerdo a su impacto positivo o negativo.

En este primer acápite podemos observar que los resultados del área de estudio fueron favorables, a pesar que actualmente la microcuenca mantiene dentro su área una hidroeléctrica que lleva aproximadamente 11 años desde su construcción y por lo que conocemos habitualmente, las presas en muchas ocasiones traen consigo problemas ecológicos provocando cambios drásticos desde su construcción. Muchas veces irreversibles y difícil de mejorar, disminuyendo considerablemente la cobertura vegetal, el uso de suelo y los ecosistemas ribereños que se encuentran dentro de ellos (Martínez Yrizar, *et al.* 2011). Sin embargo, dando respuesta al objetivo, positivamente tenemos altos resultados favorables para la microcuenca de la quebrada Bonyic como para la Empresa Hidroecológica del Teribe:

La cobertura boscosa y uso de suelo: la microcuenca de la quebrada Bonyic para la actualidad mantiene dentro de su polígono, un 99.71% de cobertura boscosa distribuido en su mayoría en bosque mixto (FRST) con un 99.22% y bosque siempre verde (FRSE) 0.49%, teniendo de esta manera que el área mantiene una cobertura boscosa predominante, a diferencia de los usos de los suelos que solo poseen un 0.29% distribuido en agricultura de 0.12% y pasto con 0.17% en la parte baja de la microcuenca (**VER CUADRO N°7 y FIGURA N°8**).

Capacidad de Cobertura y Uso de Suelo de la Microcuenca de la Quebrada Bonyic			
USO	Has	Km ²	%
AGRL	50.91	0.21	0.12%
FRSE	85.09	0.85	0.49%
BARR	0	0	0.00%
WATR	0	0	0.00%
FRST	17286.80	172.87	99.22%
URML	0	0	0.00%
PAST	0	0.2960	0.17%
TOTAL	17422.81	174.23	100%

Cuadro 7 Cobertura boscosa y uso de suelo

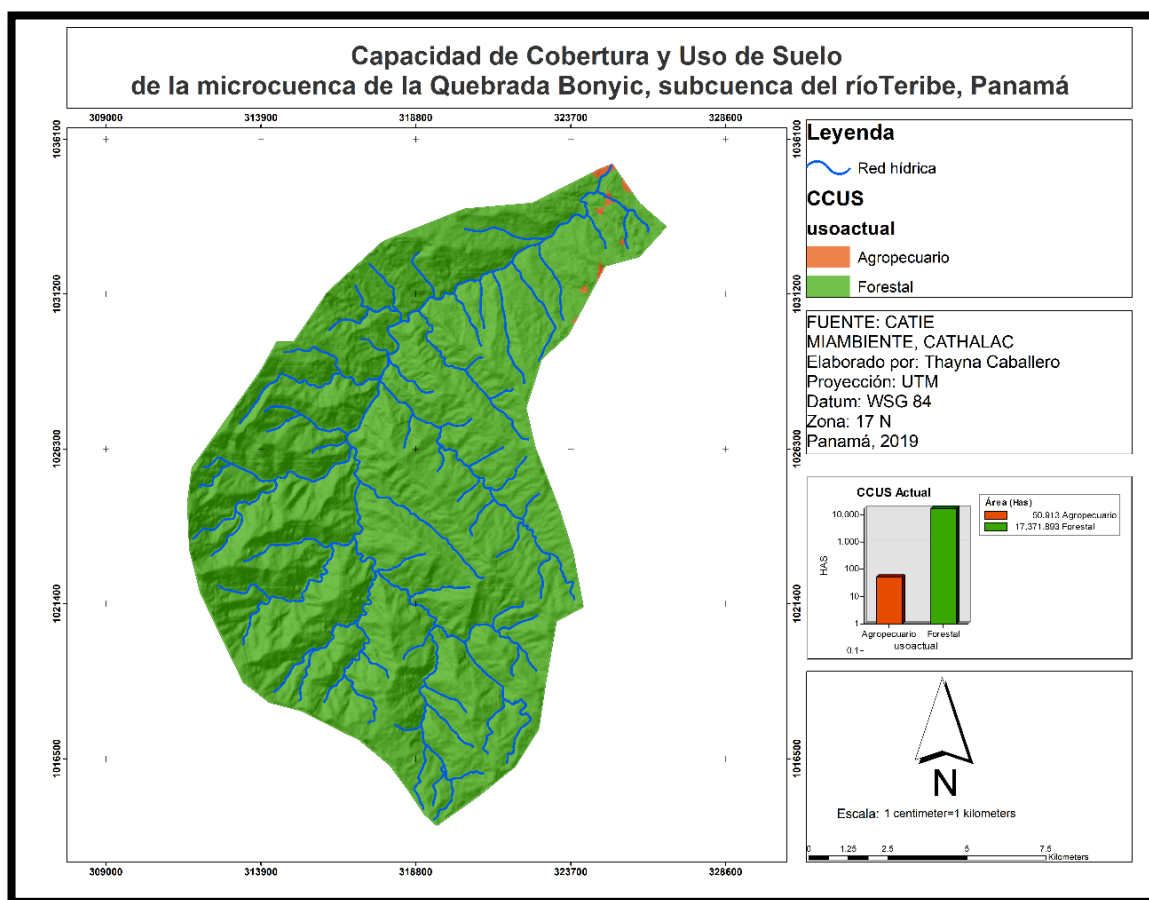


Figura 8 Capacidad de cobertura y uso de suelo de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del Teribe, Panamá

El ancho y continuidad de la vegetación ribereña:

La microcuenca de la quebrada Bonyic, según datos obtenidos de LANDSADE 8, mantiene una cobertura de vegetación ribereña predominante en toda la zona, sin embargo, es importante mencionar que el área donde se encuentra ubicada la hidroeléctrica Bonyic es el único tramo donde la vegetación es mínima a diferencia de su alrededor.

Teniendo de esta manera que la zona se encuentra amortiguada con vegetación predominante en todo el transcurso del cauce principal. Gracias a ello podemos inferir que el ancho y continuidad de la vegetación ribereña en el caudal del río se mantiene, como nos lo indica la imagen Landsat 8 con bandas rojas que determinan un mayor contraste con vegetación (Franco, R. 2017) (VER FIGURA N° 9).

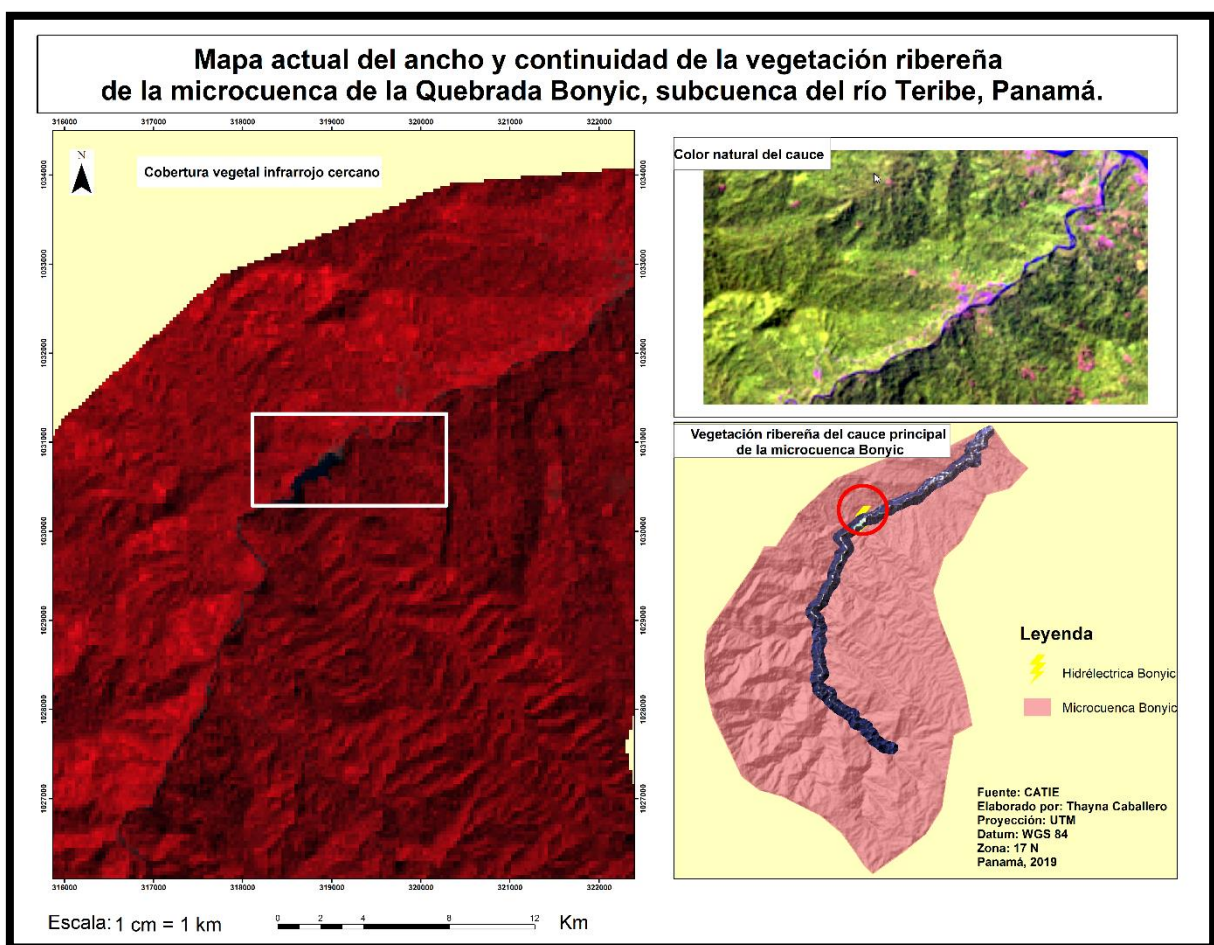


Figura 9 Mapa actual del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá

Además de acuerdo al resultado obtenido podemos decir que el ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la quebrada Bonyic, se mantiene dentro del reglamento de la Ley Forestal de Panamá, quien declara que está prohibido el aprovechamiento forestal; el dañar o destruir árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas, ríos y quebradas (DECRETO LEY No.1, Ley 1 de 3 de Febrero de 1994).

De esta manera se mantiene la vegetación dentro de los metros que declara la ley en cuanto a la zona de vegetación ribereña no menor a 10 metros, de la cual no deber ser talada, seguidamente hasta los 100 metros que declara respetar de las riberas, es por ello que se consideró tomar mayor distancia a 500 metros para visualizar que tan protegida se encuentra la microcuenca, teniendo resultados satisfactorios. Por lo tanto, la microcuenca mantiene una vegetación ribereña que ayuda a la infiltración y retención de sedimentos, contaminantes y nutrimentos, favoreciendo el habita fluvial y terrestres a lo largo de la franja de vegetación, importante para todos los componentes de la quebrada, ya sea de cantidad y calidad del recurso hídrico (Mendoza Cariño *et al.* 2014).

Producción de agua y sedimentos

Se estimó la producción de agua, erosión y sedimentación mensual del año 2018 de la microcuenca de la quebrada Bonyic, dicha simulación fue desarrollada desde el año 2014 al 2018. En la cual dio la creación de 209 HRU y 30 subcuencas.

Los resultados para la actualidad demostraron que la mayor producción de agua se da en la parte lateral izquierda de la microcuenca (parte media, baja de la cuenca), y de igual manera la mayor sedimentación se mantiene en la misma área (parte media y baja de la cuenca), sin embargo, la sedimentación con mayor promedio se dio en la parte baja de la microcuenca, debido a la intervención humana que se ha dado en los últimos años (**VER FIGURA 10**).

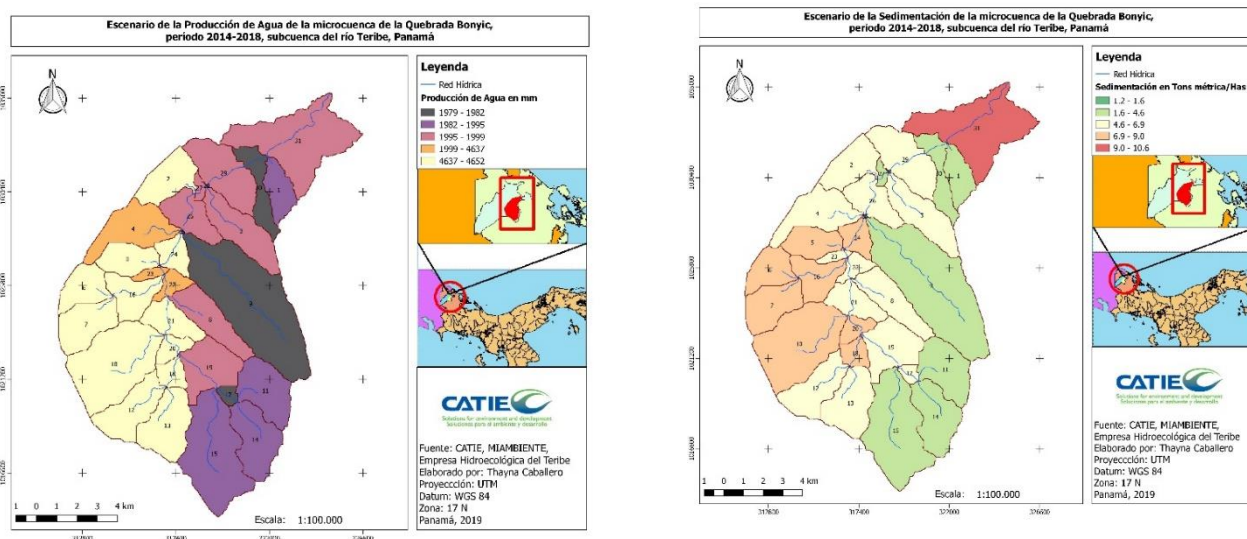


Figura 10 Mapa de Producción de Agua y Sedimentación actual de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe

Los resultados obtenidos en cuanto de las variables eco-hidrológicas estudiadas de la microcuenca de la quebrada Bonyic dieron un aspecto interesante para la actualidad que se vive hoy día con las intervenciones de las represas en áreas boscosas, generando una polémica del uso del recurso hídrico que se vuelve cada día un problema difícil de controlar, ya que la

disponibilidad del agua crece con el pasar del tiempo y sobre todo cuando el desarrollo social, la alteración hidrológica, contaminación, compiten por poseer mayor cantidad de espacio territorial, constituyendo una amenaza para los ecosistemas y más aun con las construcciones de las represas en la que mucho actores definen que las presas modifican los procesos biofísicos y regímenes naturales de los ríos trayendo consigo impactos sobre la calidad y cantidad de agua y área boscosa de un determinado lugar (Martínez Yrizar *et al.* 2012).

Los embalses durante la construcción, arranque y la operación traen consigo factores positivos como negativos, pero que muchas veces ocurren directamente sobre el ambiente y la sociedad, a tal punto que inunda zonas arboladas, produce descomposición de la vegetación, principalmente en el arranque y en las fases de operación. A lo largo de este tiempo los regímenes hidrológicos cambian, al igual que los descensos en las especies acuáticas provocando tasas de cambios (Anderson 2013). Suceso que en muchas veces es difícil recuperar la estabilidad de los recursos naturales, es por ello que la evolución que ha tenido en la actualidad la microcuenca de la quebrada Bonyic, ha sido de gran ejemplo para otras empresas o concesiones dedicadas a la explotación del recurso hídrico, ya que más que una explotación debe ser un uso sostenible recuperativo del área destinada al proyecto a ejecutar.

Además, es importante mencionar que la Empresa Hidroecológica de El Teribe, ha desarrollado un buen trabajo armonioso con el ambiente, teniendo consigo resultados actuales satisfactorios, indicando que el área de estudio se encuentra en buenas condiciones ambientales, no solo por estar dentro de una reserva forestal y un área protegida. Punto importante a mencionar, ya que es uno de los factores positivos que han traído que la microcuenca mantenga una cobertura y uso de suelo razonable. Panamá cuenta con leyes que van de la mano con la naturaleza protegiendo sus recursos naturales, de tal manera que cuenta con programas e instituciones que se encargan de velar por el patrimonio del país, tal es el caso del SINAP donde se destaca como entidad dedicada a su *“contribución al desarrollo económico del país es ampliamente reconocido y valorado por las actividades sostenibles que se realizan en las áreas y los servicios ambientales que éstas proveen tanto a la comunidad nacional, como internacional”* (ANAM 1999).

El SINAP dentro de sus listas de área protegidas tiene al Parque Internacional La Amistad con una superficie de 207,000 has y el Bosque Protector Palo Seco con 125,000 has donde Panamá estableció mediante Decreto Ejecutivo No. 25 de 28 de septiembre de 1983 y en la Gaceta Oficial No. 19,943 de 24 de noviembre de 1983 El Bosque Protector Palo Seco, detallando de esta manera mediante la Resolución AG-0549-2002. de 8 de noviembre de 2002. *“Por medio de la cual se faculta al Administrador Regional de Bocas del Toro de la ANAM, a solicitar ante las Autoridades de la Policía el desalojo de personas no autorizadas dentro de las áreas protegidas identificadas como Bosque Protector Palo Seco y Parque Internacional La Amistad y se dictan otras disposiciones”*.

El Parque Internacional La Amistad (PILA) fue creado mediante Resolución de JD-021-88 de 2 de septiembre de 1988 (Gaceta Oficial No 21,129 de 6 de septiembre de 1988).

Resolución AG-0549-2002. de 8 de noviembre de 2002. *“Por medio de la cual se faculta al Administrador Regional de Bocas del Toro de la ANAM, a solicitar ante las Autoridades de la Policía el desalojo de personas no autorizadas dentro de las áreas protegidas identificadas como Bosque Protector Palo Seco y Parque Internacional La Amistad y se dictan otras*

disposiciones” (Resolución AG-0304-2004, de 2 de agosto de 2004. “Que aprueba el Plan de Manejo del Parque Internacional La Amistad”).

Calidad de agua:

a. Macroinvertebrados:

ABUNDANCIA Y RIQUEZA TOTAL

Se recolectaron 1 027 individuos de macroinvertebrados dulceacuícolas, divididos en 14 órdenes y 40 familias, siendo el orden más abundante Ephemeroptera (355 individuos), seguidos de Coleoptera (200 individuos), Trichoptera (177 individuos), Megaloptera (91 individuos), Gasteropoda (38 individuos), Plecoptera (33 individuos), Hemiptera (30 individuos), Odonata (28 individuos), Turbellaria (25 individuos), Oligochaeta (19 individuos), Diptera (16 individuos), Blattodea (7 individuos), Lepidoptera (6 individuos), Decapoda (2 individuos) (**VER FIGURA N°11**).

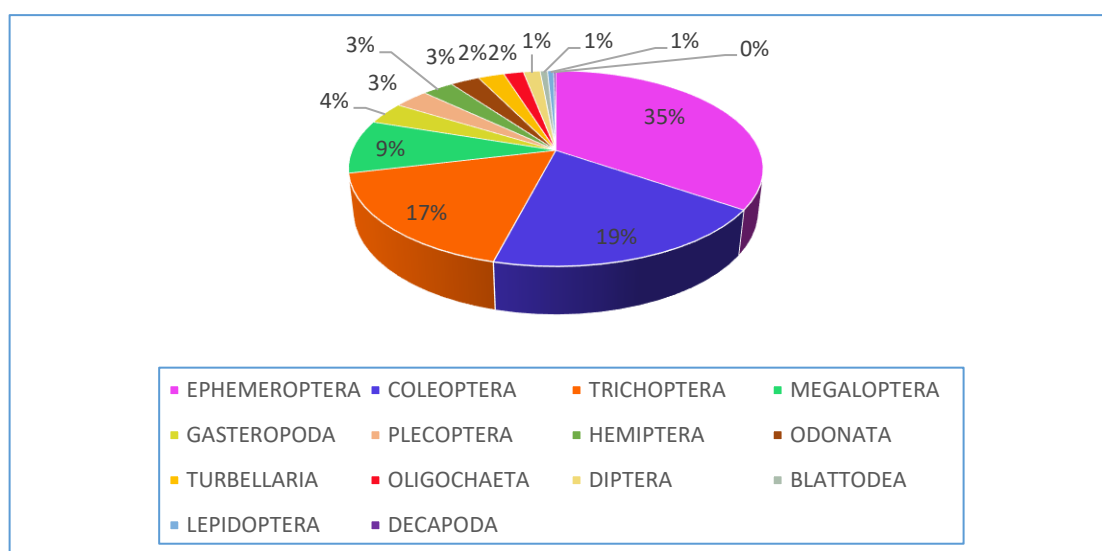


Figura 11 Porcentajes de macroinvertebrados categorizados por orden

Se registraron familias, predominando la Hidropsycidae 13.83% (142 individuos), Leptophlebiidae 13.15% (135 individuos), Baetidae 10.91% (112 individuos), Psephenidae 10.52% (108 individuos), Corydalidae 8.86% (91 individuos), Leptohiphidae 7.69 (79 individuos), Ptilodactylidae 5.64% (61 individuos), Perlidae 3.21% (33 individuos), Naucoridae 2.73% (28 individuos), Elmidae 2.63% (27 individuos), Planariidae 2.43% (25 individuos), Hidrobiidae 2.34% (25 individuos), Oligochaeta 1.85% (19 individuos), Euthyplociidae 1.56% (16 individuos), Coenagrionidae 1.36% (14 individuos), Phylopotamidae 1.27% (13 individuos), Thiaridae 1.27% (13 individuos), Polycentropodidae 1.17% (12 individuos), Caenidae 0.78% (8 individuos) y otras familias 6.52% (67 individuos) (VER FIGURA N°12 y FIGURA N°13).

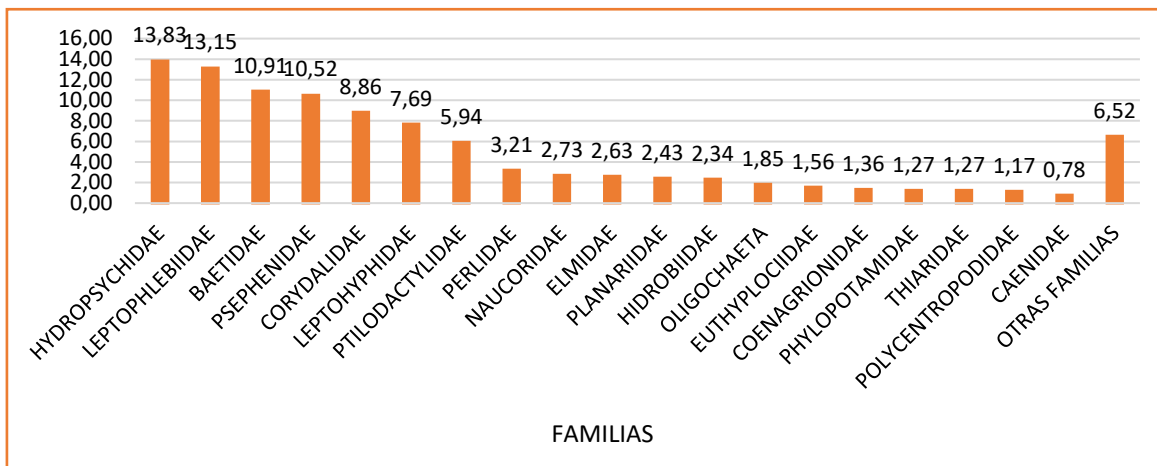


Figura 12 Frecuencia de las familias de macroinvertebrados actuales de la microcuena de la Quebrada Bonyic

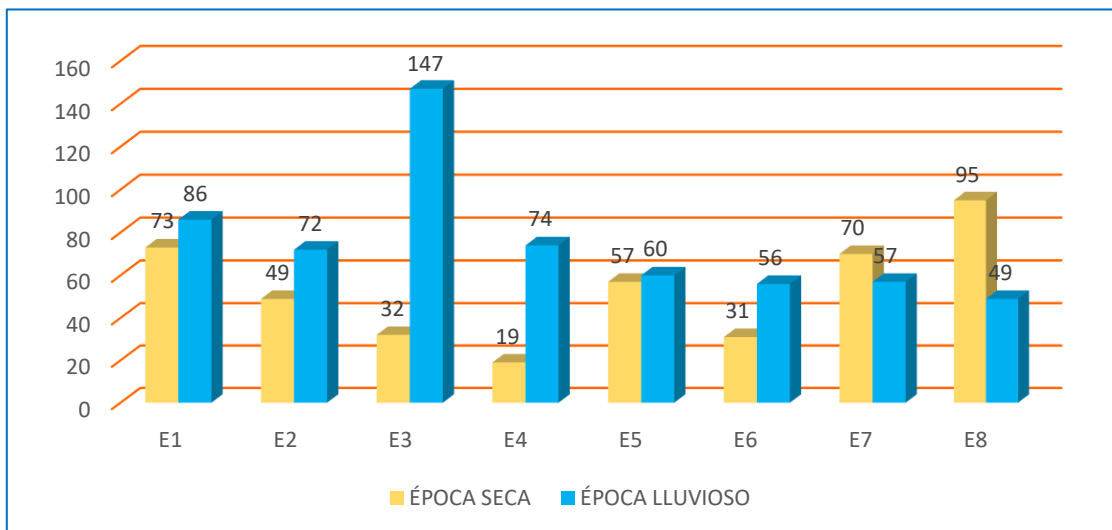


Figura 13 Abundancia total de familias macroinvertebrados recolectados en la microcuena de la Quebrada Bonyic

De acuerdo a las familias más destacadas en el estudio tenemos sus principales características:

Hidropsycidae 13.83% (142 individuos) y Corydalidae 8.86% (91 individuos): forman parte de la clase de insecto-Orden Megaloptera. Estos organismos son acuáticos en sus etapas larvales, similares a ciertas larvas de Coleoptera. Es un orden pequeño con solo dos familias habitan en varios tipos de agua con sedimentos blandos (Hanson et al. 2010).



Figura 14 Hydropsycidae (Trichoptera) y Leptophlebiidae (Ephemeroptera)

Leptophlebiidae 13.15% (135 individuos) y Baetidae 10.91% (112 individuos)

Forman parte de la clase insecta: Orden Plecoptera. Son acuáticos en sus etapas inmaduras, existiendo 16 familias a nivel mundial. Se reconocen por tener dos cercos terminales y branquias torácicas (Hanson et al. 2010)



Figura 15 Baetidae y Leptophlebiidae (Ephemeroptera)

Psephenidae 10.52% (108 individuos): Orden Balttariase encuentran frecuentemente asociadas a materia orgánica en descomposición (hojarasca) en zonas de corrientes en ríos y quebradas de aguas limpias (Hanson et al. 2010) (VER FIGURA N° 16).



Figura 16 Psephenidae (Coleoptera)

También podemos detallar que, de acuerdo a los órdenes de mayor representación de calidad buena, tenemos las características:

Ephemeroptera (355 individuos): este orden posee características muy peculiares, ya que las mismas son un grupo frágil que en muchas ocasiones sus comportamientos ante contaminantes hacen que las mismas se dispersen en búsqueda de un ambiente más agradable siendo más sensibles a la contaminación del agua, junto con Plecoptera y Trichoptera. Las efímeras forman parte importante de las cadenas de alimentación de los ríos, lagos, arroyos, y son elementos importantes en la transferencia de energía dentro del sistema acuático (Flowers et al 2010).

Coleoptera (200 individuos): es un orden grande y diverso (Ordoñez 2005) que es reconocido y utilizado para el monitoreo en áreas protegidas demostrando sensibilidad a los cambios dados por actividades antropogénicas (Otavo 2013).

Megaloptera (91 individuos): es un orden muy pequeño y habitualmente viven en varios tipos de agua con sedimentos blandos y con corrientes.

Gasteropoda (38 individuos): son considerados caracoles marinos que viven normalmente en áreas con condiciones ambientales, generalmente son grandes requiriendo agua con ciertas propiedades fisicoquímicas, especialmente en aguas dulces (Hanson 2010).

ABUNDANCIA Y RIQUEZA POR ÉPOCA

En cuanto a la abundancia total de familias en el área de estudio se pudo obtener que en la época lluviosa se registró un aumento de macroinvertebrados en la estación E3, que corresponde a la estación Debajo de la Presa.

Durante la época seca y lluviosa se recolectaron insectos distribuidos en 14 órdenes, lo cual corresponde 426 organismos de familias en la época seca y 601 organismos de familias en la época lluviosa.

La estación que mostro mayor cantidad de familias fue la estación E3 (Debajo de la Presa) con un total de 147 macroinvertebrados (época lluviosa) y en la estación E8 (Desembocadura Quebrada Bonyic / Teribe) con un total de 95 macroinvertebrados (época seca)

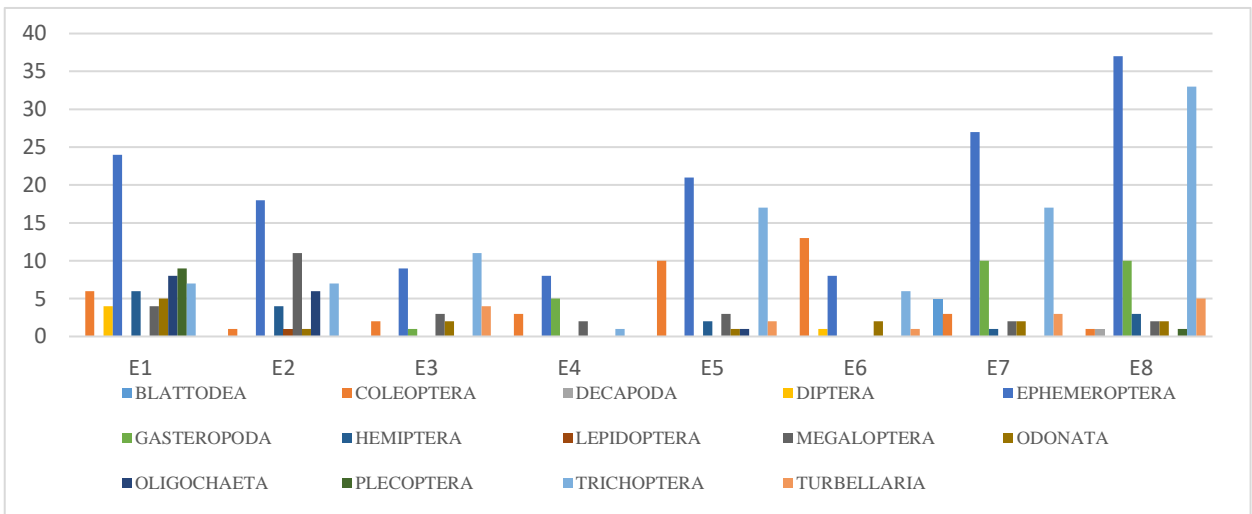


Figura 18 Cantidad de Macroinvertebrados por punto de muestreo (E.S.)

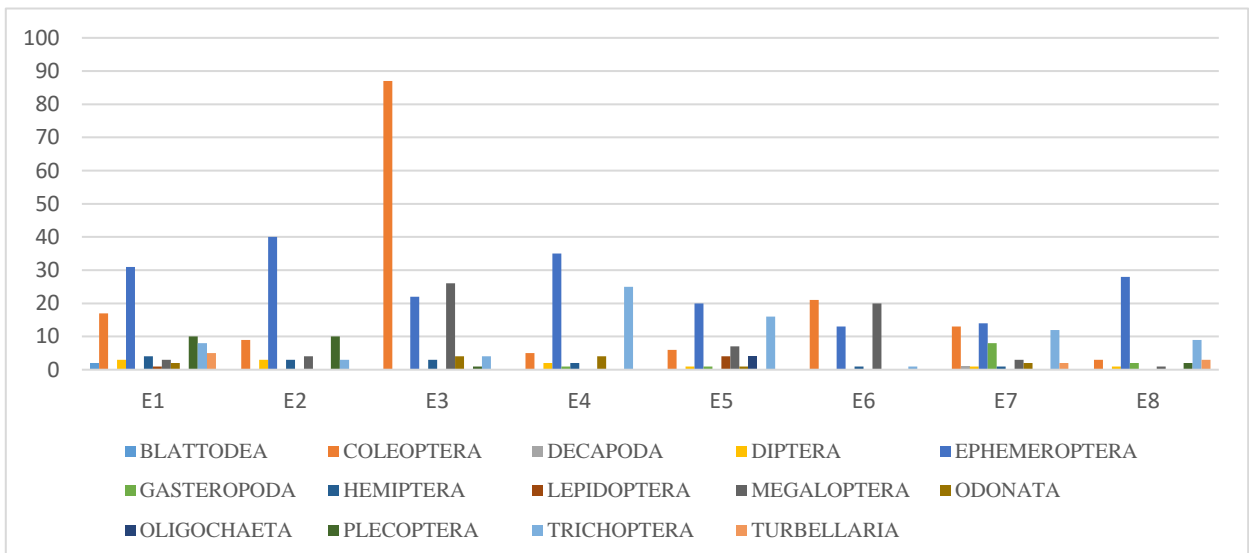


Figura 17 Cantidad de Macroinvertebrados por punto de muestreo (E.LL.)

ABUNDANCIA Y RIQUEZA POR EPOCAS

Resultados de Macroinvertebrados (Época Seca)

Los resultados obtenidos en la época seca dieron como resultado que la calidad de agua según el BMWP/PAN, fuera excelente.

En el monitoreo en época seca se recolectaron 13 órdenes dando un total de 426 especímenes. En cuanto a familia en la época seca se identificaron 34 familias.

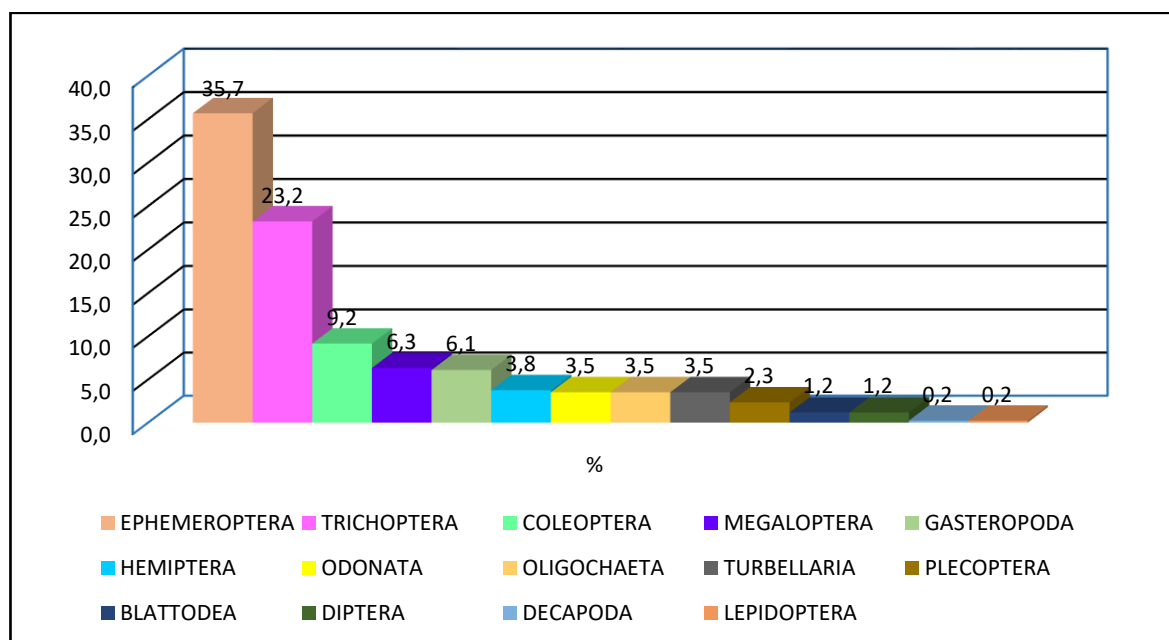


Figura 19 Porcentaje de orden de macroinvertebrados recolectados en la época seca

En el monitoreo de época seca se demostró mediante la recolección y estudio los órdenes de los macroinvertebrados dieron como resultados que la Ephemeroptera mantuvo un aumento considerado de 35.7% (152 individuos) de especímenes en comparación de los demás, seguidos de la trichoptera con 23.2% (99 individuos), Coleóptera 9.2 (39 individuos), Gasterópoda 6.1% (26 individuos), Hemíptera 3.8% (16 individuos), Ordenata – Oligochaeta

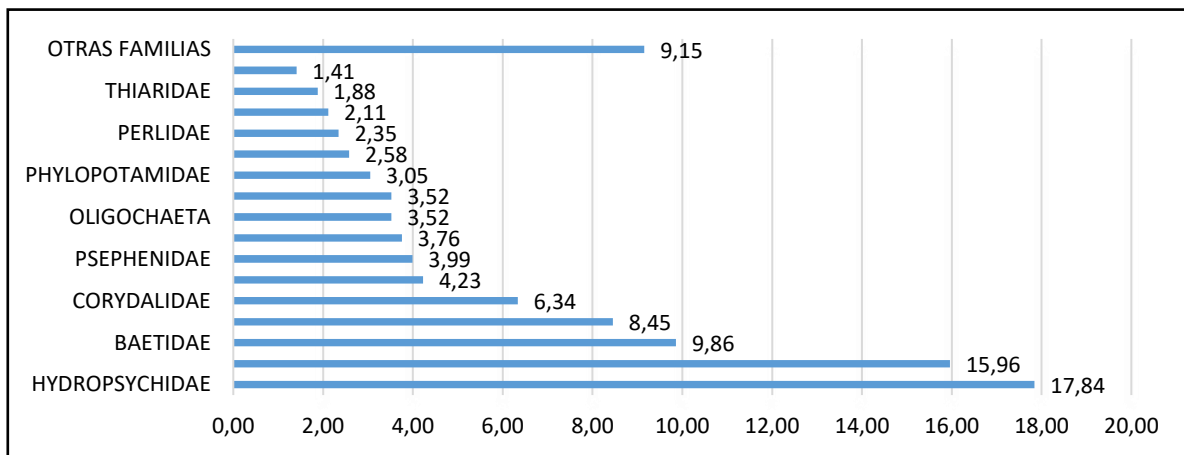


Figura 20 Porcentaje de familias de macroinvertebrados en época seca

-Turbellaria 3.5% (15 individuos cada uno), Plecóptera 2.3% (10 individuos), Blattodea-Diptera 1.2% (5 individuos cada uno), Decápoda - Lepidóptera 0.2% (1 individuo cada uno).

Las familias más abundantes fueron Hydropsychidae 76 individuos; Leptophlebiidae 68 individuos; Baetidae 42 individuos; Leptohyphidae 36 individuos; Corydalidae 27 individuos; Hidrobiidae 18 individuos; Psephenidae 17 individuos; Naucoridae 16 individuos; Oligochaeta y Planariidae 15 individuos cada una; Phylopothamidae 13 individuos; Elmidae 11 individuos; Perlidae 10 individuos; Ptilodactylidae 9 individuos; Thiaridae 8 individuos; Coenagrionidae 6 individuos; otras familias 39 individuos.

Resultados de Macroinvertebrados en Época Lluviosa

Los resultados obtenidos en la época lluviosa dieron como resultado que la calidad de agua según el BMWP/PAN, fuera excelente.

En el monitoreo en época lluviosa se recolectaron 14 órdenes dando un total de 601 especímenes.

En cuanto a la presencia y clasificación en orden de macroinvertebrados pudimos obtener que en la época lluviosa las Ephemeroptera mantuvieron un 33.78% (203 individuos), Coleoptera 26.79% (161 individuos), Trichoptera 12.98% (78 individuos), Megaloptera 10.65% (64 individuos), Plecoptera 3.83% (23 individuos), Hemiptera 2.33% (14 individuos), Odonata 2.16% (13 individuos), Gasteropoda 2% (12 individuos), Diptera 1.83% (11 individuos), Turbellaria 1.66% (10 individuos) y Lepidopteria 0.83% (5 individuos).

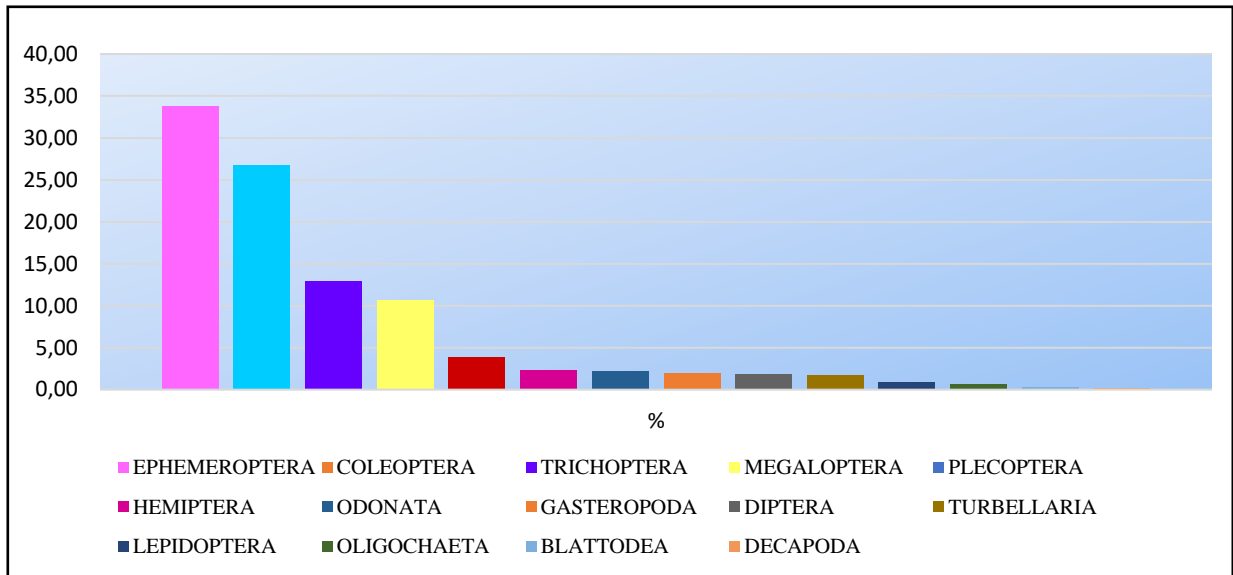


Figura 21 Porcentaje de orden de macroinvertebrados recolectados en la época lluviosa

Las familias más abundantes en la época lluviosa fueron las Psephenidae con 91 individuos; Baetidae 70 individuos; Leptoplebiidae 67 individuos; Hydropsychidae 66 individuos; Corydalidae 64 individuos; Ptilodactylidae 52 individuos; Leptohiphidae 43 individuos; Perlidae 23 individuos; Elmidae y Euthyplociidae 16 individuos cada uno; Naucoridae 12 individuos; Planariidae 10 individuos; Coenagrionidae y Polycentropodidae 8 individuos cada uno; Caenidae 7 individuos; otras familias 48 individuos en total.

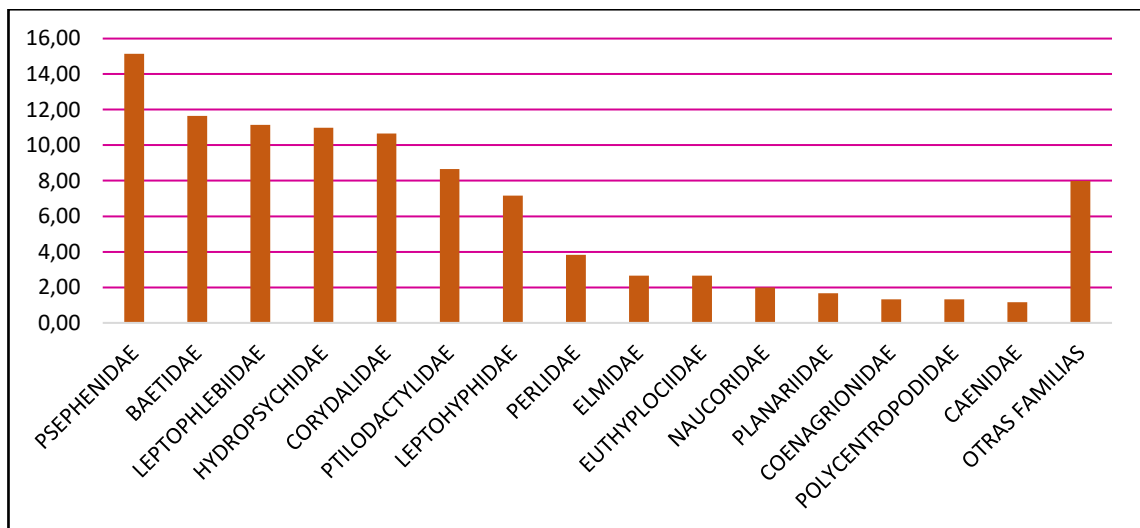


Figura 22 Porcentaje de familias de macroinvertebrados en época lluviosa

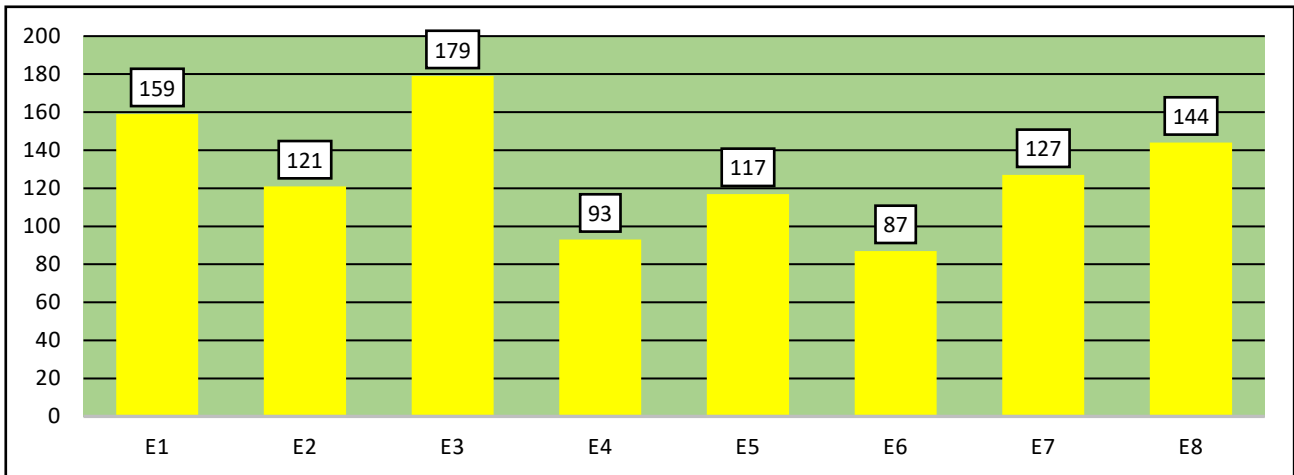


Figura 23 Abundancia y riqueza de macroinvertebrados por estación de muestreo

De acuerdo los ocho (8) puntos de muestreo realizados podemos visualizar que el punto de muestreo con mayor cantidad de macroinvertebrados recolectados fue en la estación E3 (Debajo de la Presa) Y E8 (Desembocadura de la quebrada Bonyic/Teribe), seguidamente del punto E1 (Agua Caliente) y E2 (Cola del Embalse)-E7(entre casa de máquina y la desembocadura de la quebrada Bonyic), estos dos últimos que obtuvieron los mismos resultados de recolectas.

CALIDAD DE AGUA POR MACROINVERTEBRADOS (BMWP/PANAMÁ)

Las evaluaciones de la calidad de agua en los ecosistemas acuáticos han sido realizadas mediante el uso de comunidades biológicas (macroinvertebrados) los cuales reflejan la calidad de agua del sitio de muestreo. Herramienta utilizada frecuentemente en diferentes estudios de calidad de agua de cuencas con el fin de conocer la salud de un río, ya que estas reflejan fluctuaciones de contaminación del medio en el que habitan, ocasionadas por las actividades humanas (Meza-S *et al.* 2012).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se procedió a realizar un estudio de calidad de agua mediante el uso del Biomonitorio (macroinvertebrados), que consistió en categorizar la ocurrencia de las familias de insectos acuáticos, asignándoles un puntaje de acuerdo al BMWP/PAN/CR, de esta manera obtener los resultados correspondientes (Hidroecológica del Teribe 2016).

La calidad biológica del agua para la microcuenca de la quebrada BONNYIC por los 8 puntos de muestreo fueron aplicados mediante el Índice Biological Monitoring Working Party calibrado y validado para Panamá y Costa Rica (BMWP/PAN y BMWP/CR). En el estudio realizado se demostró que de los 8 puntos de muestreos con los 3 tipos de sustratos en las dos épocas (lluviosas y secas) mostraron calidad de agua excelente, teniendo un margen de 270 VALOR.

La clasificación en cuanto al puntaje obtenido se categorizo a las familias según:

RANGOS	CALIDAD DE AGUA	COLOR
150 o mas	Aguas de calidad excelente	Dark Blue
78 – 149	Aguas de calidad buena	Light Blue
59 – 77	Aguas de calidad regular	Green
39 – 58	Aguas contaminadas	Yellow
20 – 38	Aguas muy contaminadas	Orange
<19	Aguas extremadamente contaminadas	Red

Cuadro 8 Categorías de calidad biológica de agua al BMWP/PAN

(Cornejos, A. et al. 2017)



Figura 24 Invertebrados encontrados que indican una calidad de agua aceptable

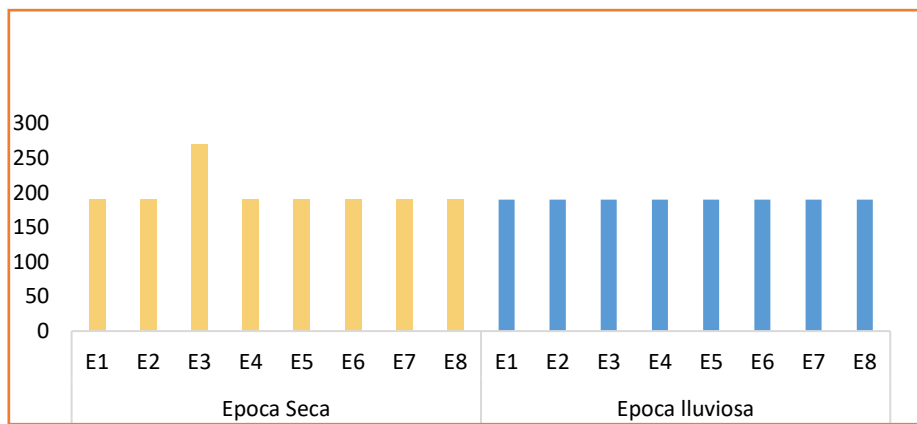


Figura 25 Comparación de datos del BMWP/PAN por épocas

Época Seca								Época lluviosa							
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
190	190	270	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190

Cuadro 9 Comparación de Datos del BMWP-PAN

Los puntos de muestreo del área de estudio fueron ubicados de la siguiente manera (VER FIGURA N°26):

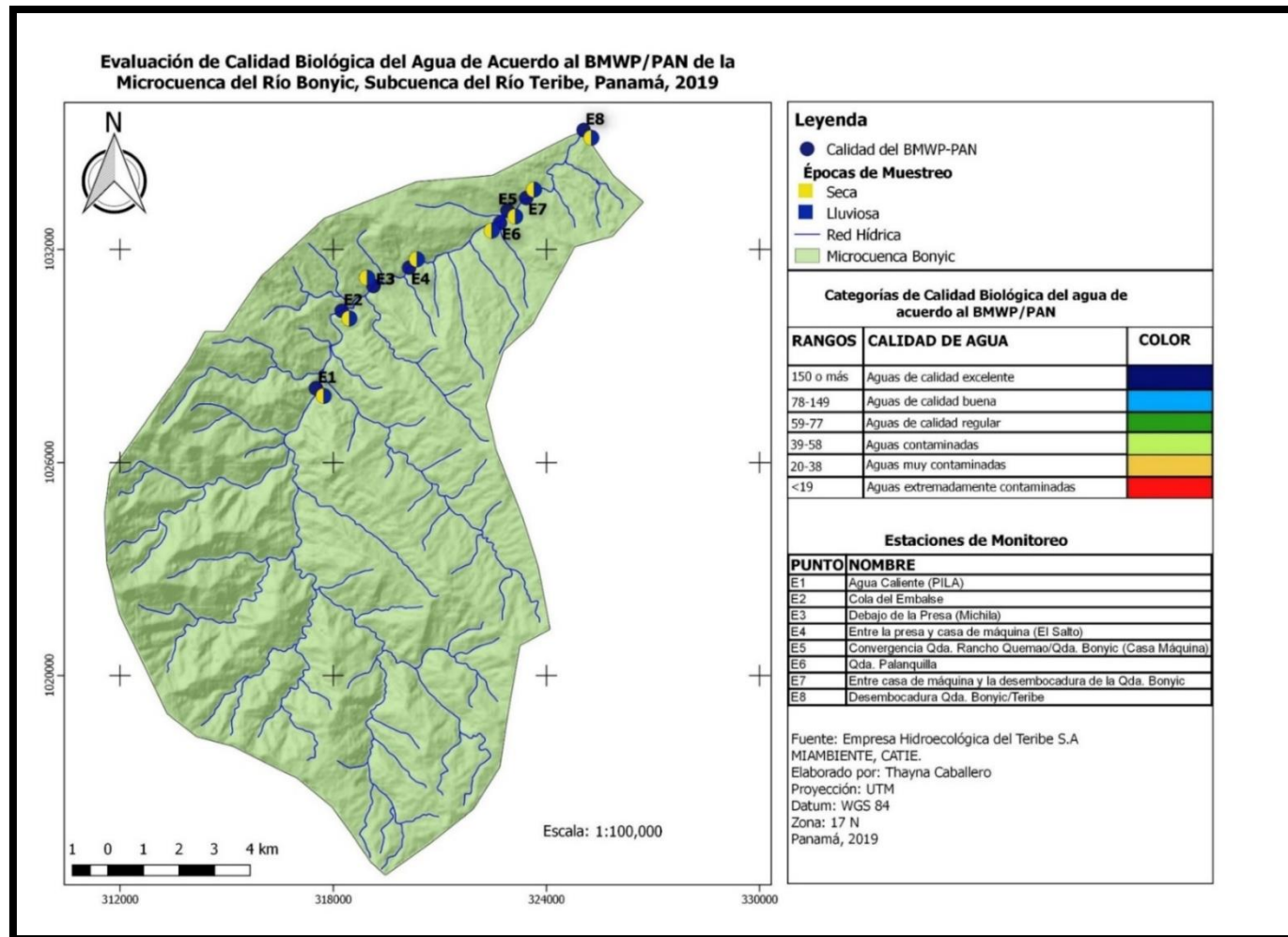


Figura 26 Evaluación de calidad biológica del agua de acuerdo al BMWP/PAN de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2019

La salud de la microcuenca de la quebrada Bonyic de acuerdo a los resultados obtenidos del estudio de los macroinvertebrados acuáticos tenemos que ha sido excelente, trayendo consigo un buen camino los proyectos, monitoreos, planes que ha ejecutado la Empresa Hidroecológica de Teribe.

Los resultados actuales, bajo el índice del BMWP/PANAMÁ indicaron que los ríos o puntos de muestreo de la microcuenca de la quebrada Bonyic están dentro del rango aceptable, a pesar de que el área está integrada por un embalse que en muchas ocasiones traen consigo impactos sobre la calidad de los ríos. Los cambios en las cuencas son siempre un factor determinante en la salud de las cuencas producto de los embalses, afectando significativamente la diversidad biótica en ecosistemas ribereños, provocando disminución de especies nativas (Oviedo-Ocaña 2018).

9.3. Conocer el comportamiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a la cobertura y uso del suelo antes y después del establecimiento del proyecto hidroeléctrico Bonyic.

Dado que el Proyecto Hidroecológica del Teribe dio inicio a su construcción en el año 2008, se consideraron tomar datos antes y después de la construcción (2000, 2012 y 2018) y de esta manera conocer los posibles impactos eco-hidrológicos que pueda haber generado dicha obra, vinculadas a la cobertura y uso del suelo de la microcuenca.

Cobertura y uso de suelo:

En primera instancia la cobertura boscosa con el pasar del tiempo es cambiante y más ahora que las actividades antropogénicas van en aumento. Es evidente que para el año 2000 antes de la construcción de la hidroeléctrica existía mayor vegetación a comparación a la actualidad (después de la construcción de la obra). Sin embargo, es importante mencionar que la cobertura boscosa no disminuyó considerablemente como se estimaba, debido a que el área del proyecto se encuentra dentro del polígono de un bosque protegido y una reserva ecológica (PARQUE INTERNACIONAL LA AMISTAD Y BOSQUE PROTECTOR PALO SECO-patrimonio de la humanidad), por lo tanto, es responsabilidad de la empresa velar por el bienestar de la cobertura boscosa del lugar en conjunto con la comunidad.

Se puede mencionar que los cambios que pueden evidenciarse en el área de estudio están sujetas a cambios de uso de suelo, tanto de una práctica a otra, es decir de fincas de proyectos agrícolas a ganaderas o viceversa, presencia humana (aumento demográfico).

Para el año 2000 la cobertura boscosa de la microcuenca de la quebrada Bonyic mantuvo un 99.76% (bosque mixto - FRST y bosque siempre verde - FRSE) y en uso de suelo 0.24 (suelo desnudo) a diferencia del año 2012 donde la microcuenca sufrió un cambio drástico por la entrada de la construcción de la hidroeléctrica Bonyic ejecutada por la Empresa Hidroecológica del El Teribe, donde la cobertura boscosa disminuyó 1.97%, distribuida notoriamente en un 99.92% bosque mixto (FRST) y 6.89% en bosque siempre verde (FRSE), aumentando el uso de suelo 3% distribuido en suelo desnudo (BARR) 0.09%, agua (WATR) 0.67%, urbanización (URLD) 0.31 y pasto (PAST) un 1.93. Determinando que el camino de acceso de 17,95 km, construido por la empresa dio como resultado un aumento demográfico trayendo consigo la entrada de otras actividades, no desarrolladas a gran escala en la microcuenca, que se dieron mayormente en la parte baja de la misma. Sin embargo, es de resaltar que después de varios años de haber ejecutado la obra la Empresa Hidroecológica de El Teribe ha trabajado fuertemente con la comunidad y sus técnicos para regenerar el área deforestada años atrás, teniendo en consideración las leyes de Reforestación de Panamá que dictan. Para tal efecto en el año 2017 la cobertura boscosa aumentó 1.99% al año estudiado 2012 (fase de construcción de la hidroeléctrica) punto favorable para la Empresa, disminuyendo considerablemente el uso de suelo con un 0.29% dividido en 0.12% agricultura y 0.17% pasto.

La variación de cobertura boscosa en los años estudiados está considerada de la siguiente manera, año 2000, antes de la construcción de la Obra Hidroeléctrica Bonyic 99.76%

excelente área de cobertura, fase de desarrollo de la construcción de la obra 2012 97.81% disminución de la cobertura, y año 2017 después de 4 años de haber culminado la obra un 99.71% aumento de la cobertura boscosa (**VER FIGURA N°28 y N°29**). Considerando notoriamente que la cobertura boscosa va en aumento y recobrando parte del área que fue destinada para la construcción de la Hidroeléctrica.

Habitualmente estamos acostumbrados a tener mayores impactos negativos después de la construcción de un embalse, comportamiento en muchos años es difícil recuperar, sin embargo, a pocos años la microcuenca de la quebrada Bonyic va teniendo resultados satisfactorios siempre y cuando se sigan desarrollando planes y estrategias que busquen aumentar la vida de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Normalmente las construcciones de embalses ocasionan alteraciones a los ecosistemas cambiando su estructura y funcionalidad, provocado por la deforestación que traen consigo disminución de la cobertura boscosa y por ende alteración del ciclo hidrológico, entre otros efectos dados en el área de influencia del proyecto Instituto Alexander von Humboldt, 2015 citado por (Osorio Rosado, CA. s.f.).

	Antes de la Construcción de la Hidroeléctrica			Fase de Construcción de la Hidroeléctrica			Actualidad (después de la construcción de la hidroeléctrica)		
	2000			2012					
	Has	Km2	%	Has	Km	%	Has	Km2	%
AGRL	0.06	0.00	0.00%	0		0.00%	50.91	0.21	0.12%
FRSE	14.28	0.14	0.08%	1201.01	12.01	6.89%	85.09	0.85	0.49%
BARR	40.72	0.41	0.23%	15.86	0.16	0.09%	0	0	0.00%
WATR	0.00	0.00	0.00%	117.52	1.18	0.67%	0	0	0.00%
FRST	17367.76	173.68	99.68%	15841.13	158.41	90.92%	17286.80	172.87	99.22%
URML	0.00	0.00	0.00%	54.69	0.55	0.31%	0	0	0.00%
PAST	0.00	0.00	0.00%	192.59	1.93	1.11%	0	0.2960	0.17%
	17422.81	174.23	100%	17422.81	174.23	100%	17422.81	174.23	100%

Cuadro 10 Datos históricos de CUS

Variación Histórica Anual Promedio de la Cobertura Boscosa			
FRSE (CCUS)	2000	2002	Actualidad (2019)
	99.76%	97.81%	99.71%

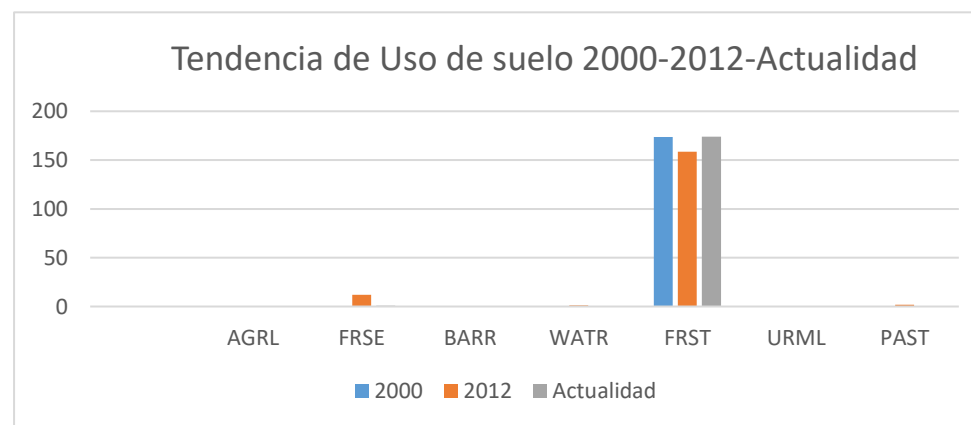
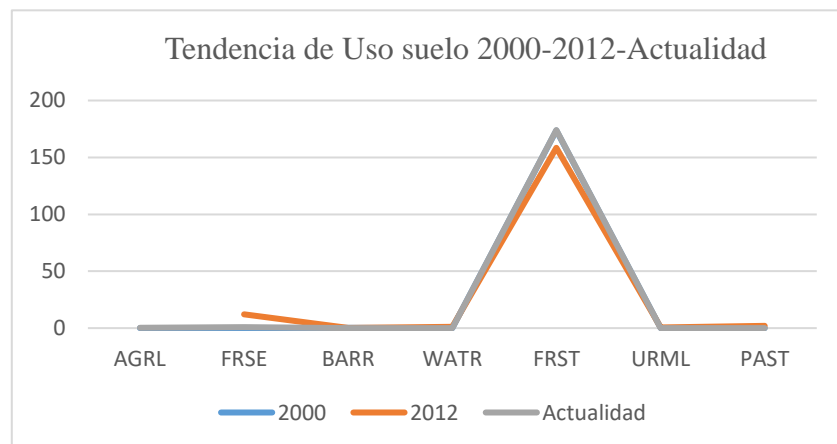


Figura 27 Tendencia de uso de suelo 2000- 2012- 2018

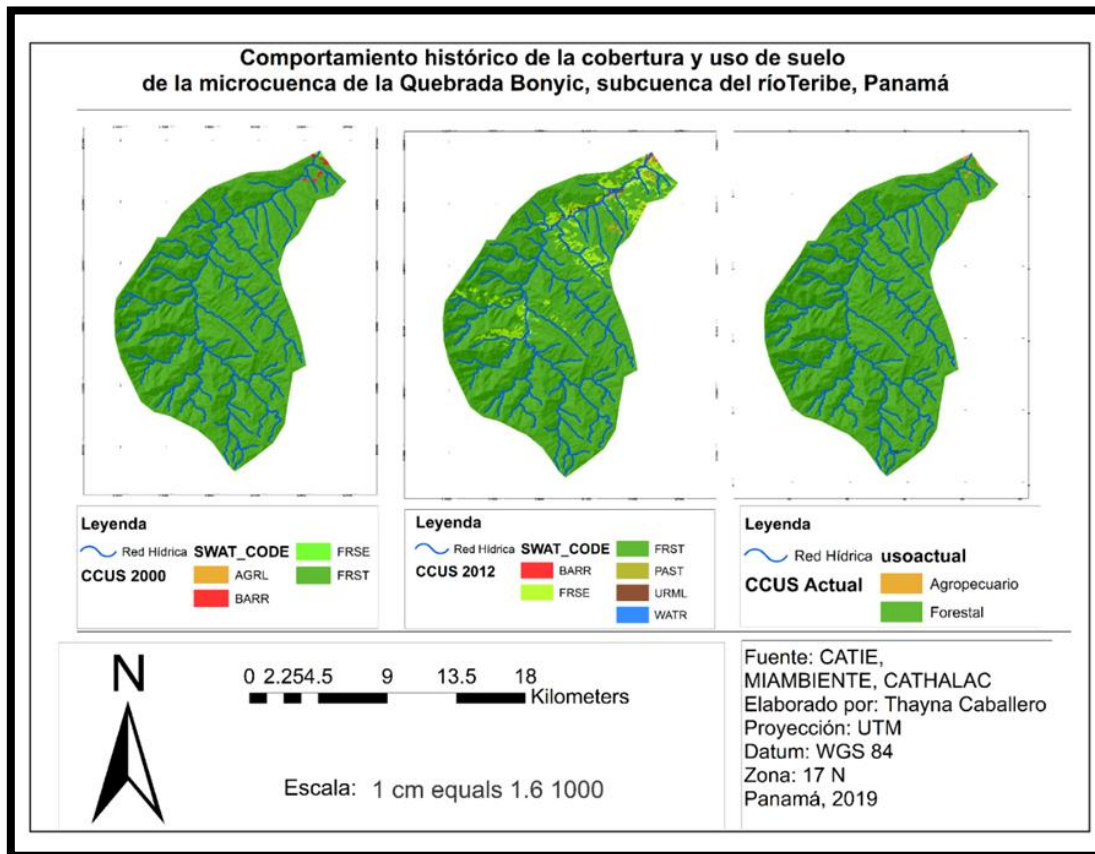


Figura 28 Comportamiento histórico de la cobertura y uso de suelo de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá

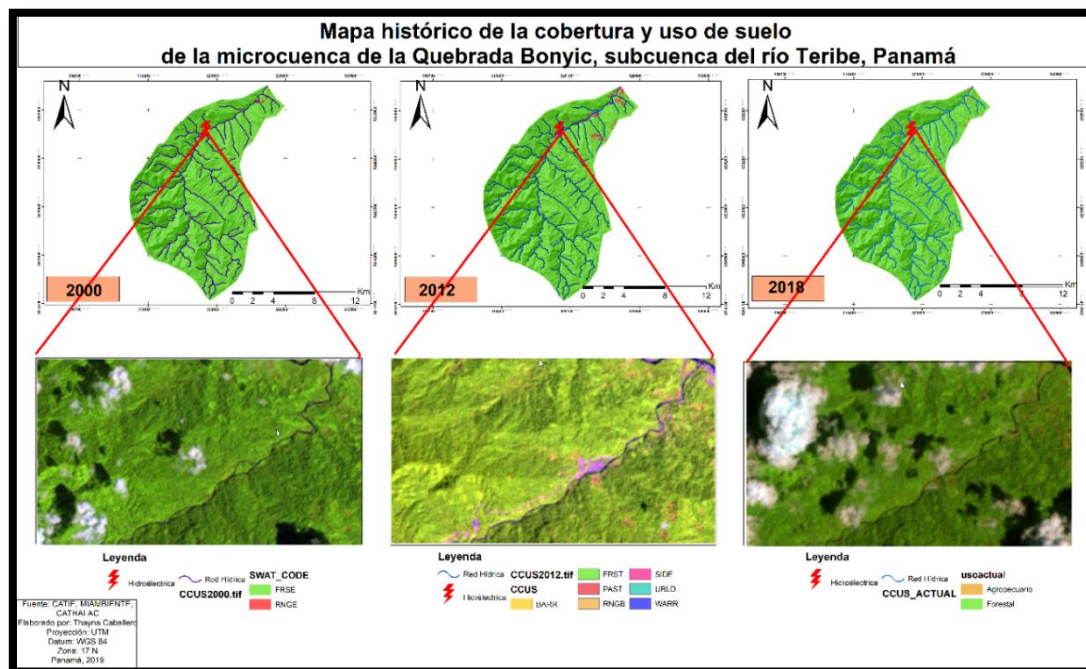


Figura 29 Mapa histórico de la cobertura y uso de suelo en color natural de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá.

Ancho y continuidad de la vegetación ribereña

El estudio de la microcuenca de la quebrada Bonyic en comparaciones de 4 años distintos fue variante principalmente en el año 2014 fase donde ya se había ejecutado la construcción de la hidroeléctrica. El impacto es reflejado en las bandas 4 de la imagen satelital Landsat 8, demostrando que el cauce principal para el año 1987 y 2000 mantenían un notable desarrollo de vegetación ribereña, muy diferente al año 2014 (fase de construcción de la hidroeléctrica) donde la influencia de la misma causó un descenso notorio en la vegetación ribereña de la microcuenca, seguidamente para el año 2017 este ancho y continuidad ribereña ha tenido un margen de impacto mínimo a comparación al año de la construcción del embalse.

Dato importante para la microcuenca, ya que un seguimiento adecuado en el manejo y conservación de los bordes de los ríos, podemos de esta manera evitar los efectos negativos ocasionados por el descenso de las zonas de vegetación ribereñas. Es por ello que se debe seguir trabajando en la estabilidad de las zonas ribereñas, ya que un descenso en ellas trae como resultados aumento de la sedimentación, caso muy reconocido en los países tropicales (Geissen *et al.* 2007) citado por (Sepúlveda-Lozada, *et al* 2009), de esta manera se ha considerado que los sedimentos de los bancos ribereños pueden alcanzar hasta un 85% en las cuencas (Simon & Collison 2002 citado por (Sepúlveda-Lozada, *et al* 2009).

El ancho y continuidad de las zonas ribereñas juega un papel muy importante en las cuencas generando una estabilidad de salud a los sistemas acuáticos, además de proveer beneficios como mantener la calidad del agua al frenar su eutrofización.

Gracias a que la vegetación ribereña de la microcuenca se ha mantenido podemos tener como resultado que la misma ha ayudado a la infiltración y retención de sedimentos, contaminantes y nutrientes, evitando de tal manera la erosión del suelo y mejorando notoriamente el hábitat de la fauna silvestre local, producto al sistema radicular que poseen estas zonas (MENDOZA CARIÑO *et al.* 2014). Es por ello que los resultados han surgido satisfactoriamente, ya que este eje modificador ha generado impactos positivos sobre la microcuenca de la quebrada Bonyic.

Dando un claro ejemplo que al tener descenso de la vegetación ribereña como se dio en los años de fase de la construcción de la hidroeléctrica donde dicho factor pudo haber traído consigo descenso de hábitat silvestre y acuático como vegetación fue notoria producto de la deforestación principalmente en el área del embalse.

Es de esta manera podemos decir que la vegetación ribereña según estudios mantiene la resistencia a la erosión, ya que la misma tiene una relación directa con la densidad de raíces >0.5mm de diámetro, por lo que la vegetación leñosa puede proveer mejor protección contra la erosión en bancos ribereños (Sepúlveda-Lozada, *et al* 2009).

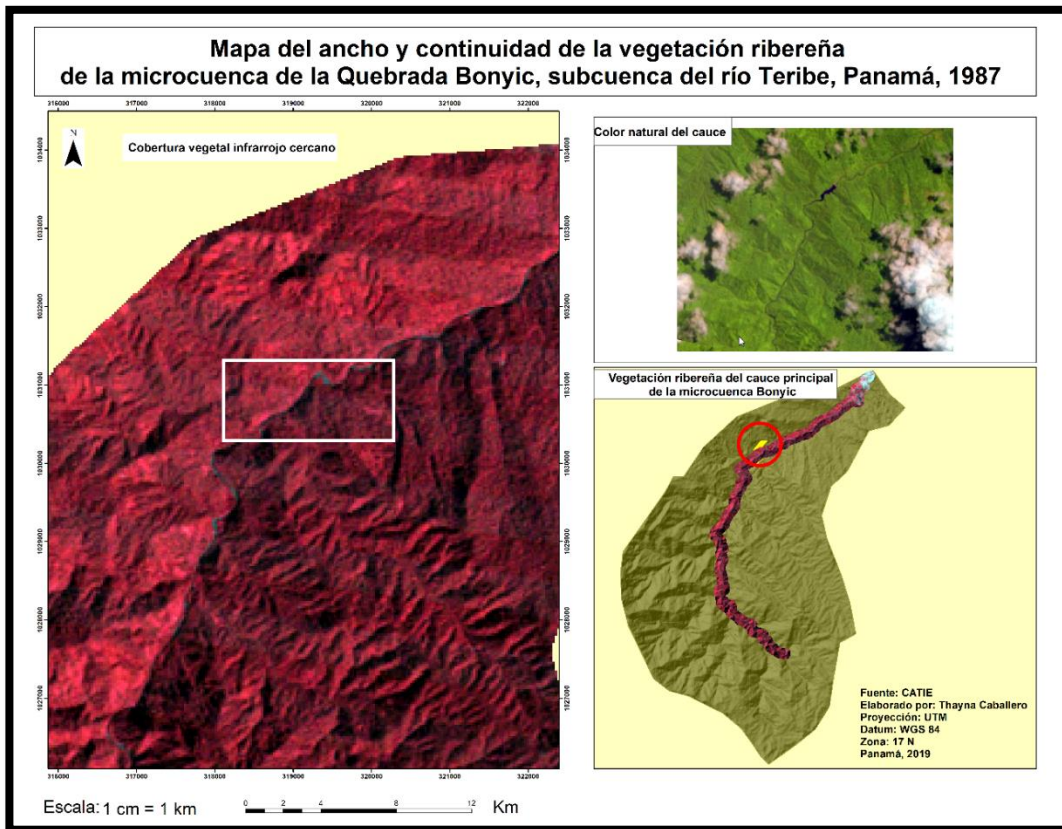


Figura 30 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 1987

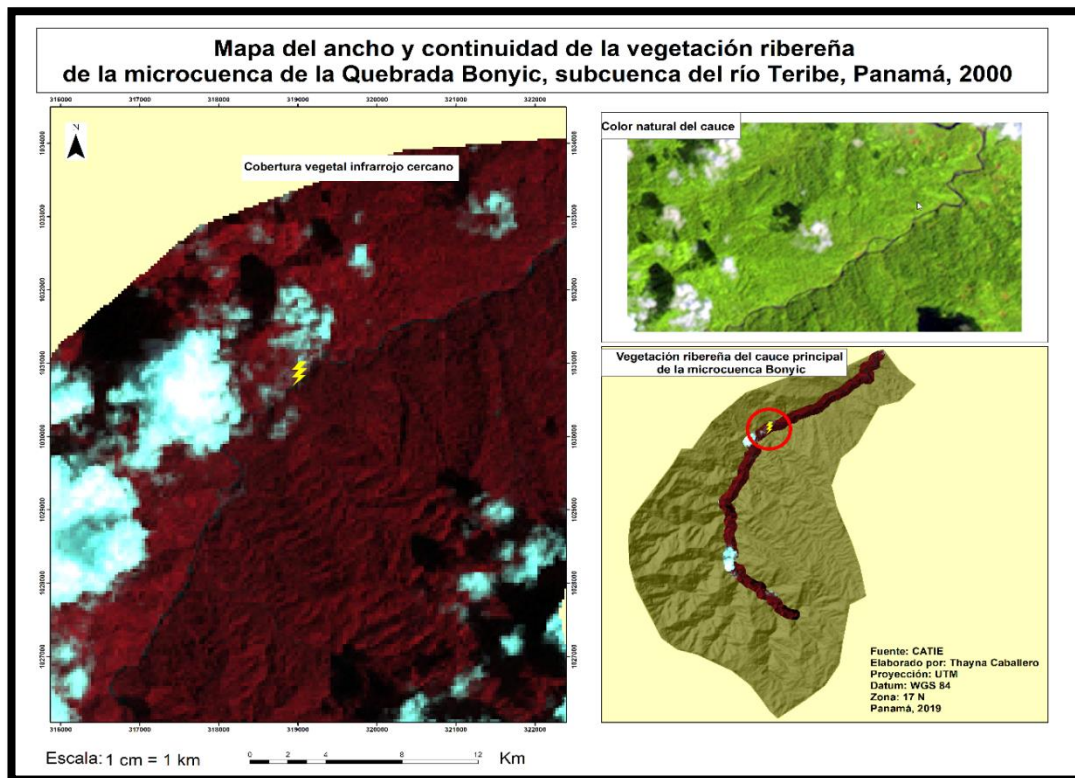


Figura 31 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2000

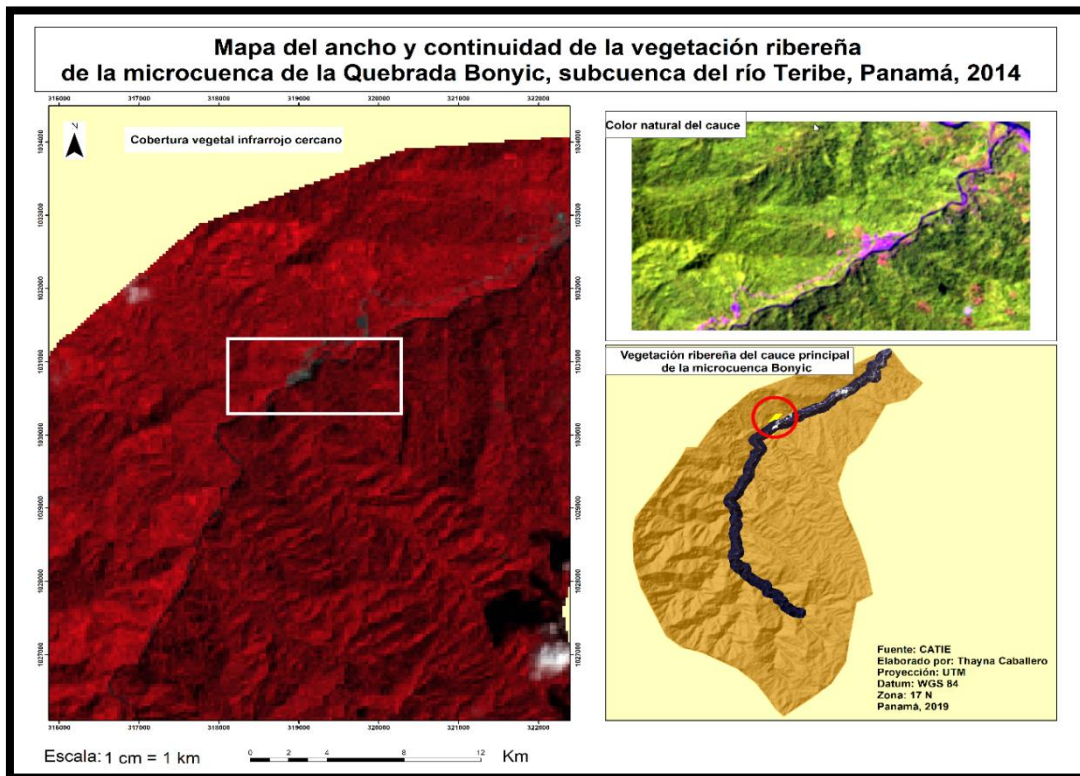


Figura 32 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2014

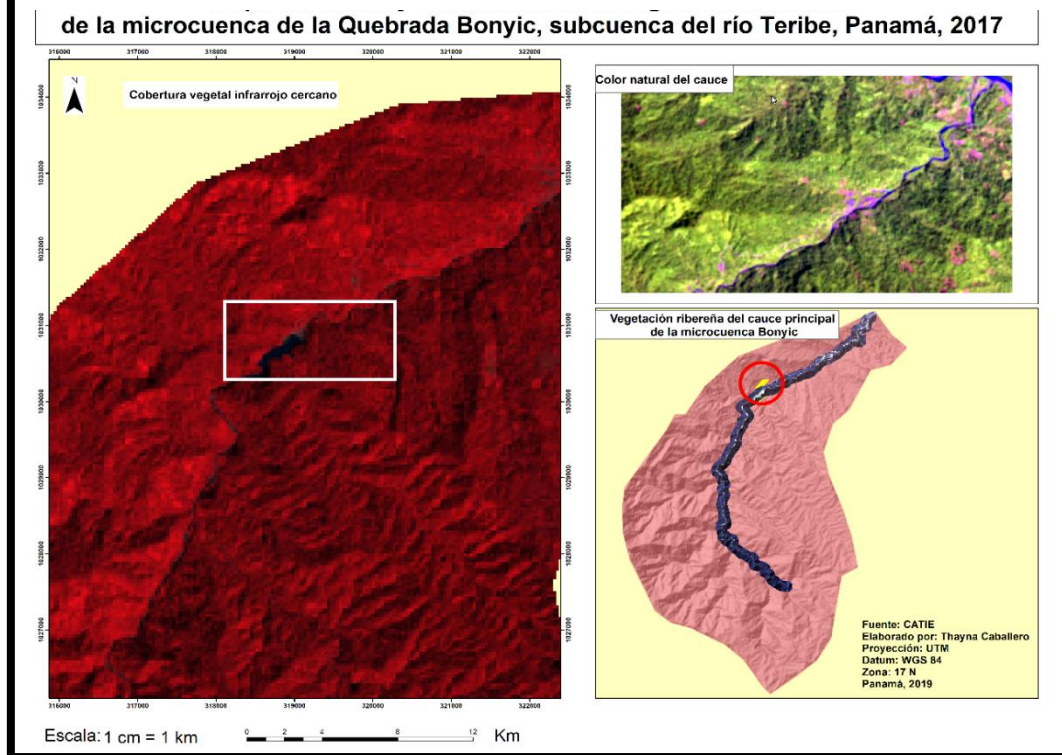


Figura 33 Mapa del ancho y continuidad de la vegetación ribereña de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, subcuenca del río Teribe, Panamá, 2017

Variable Eco-hidrológica	Antes de la hidroeléctrica (2000)		Impacto de la Hidroeléctrica (2012)		Después de la hidroeléctrica (Actual)	
	Tasa de cambio Km ²	%	Tasa de cambio Km ²	%	Tasa de cambio Km ²	%
Cobertura boscosa	173.82	99.76%	170.42	97.82%	174.85	99.71%
Uso de suelo	0.4	0.23%	3.81	2.18%	0.21	0.12%
Ancho y continuidad de vegetación ribereña	El área aledaña al cause principal de la microcuenca para el año 2000 se encontraba rodeado en su totalidad de cobertura boscosa, teniendo de esta manera un ancho y continuidad de vegetación ribereña abundante en toda la franja.		El impacto más destacado para el año 2012 fue en el área de influencia de la hidroeléctrica a igual que en la parte baja de la microcuenca de la Quebrada Bonyic.		La cobertura y uso de suelo para la actualidad mantiene interesantes resultados, manteniendo una cobertura boscosa muy similar a 19 años atrás.	

Cuadro 11 Compartimiento histórico de las variables Eco-hidrológicas vinculadas a cobertura boscosa y uso del suelo

Producción de agua y sedimento

Es importante mencionar que para poder realizar este análisis se dividió la microcuenca de acuerdo a sus niveles (parte alta, media, baja) para conocer el comportamiento de cada una, tomando en consideración la altitud como lo menciona Diaz y Renner 2006 donde las divisiones de cuencas son de acuerdo a sus funciones y pendientes de cada parte, utilizando el modelo de elevación digital.

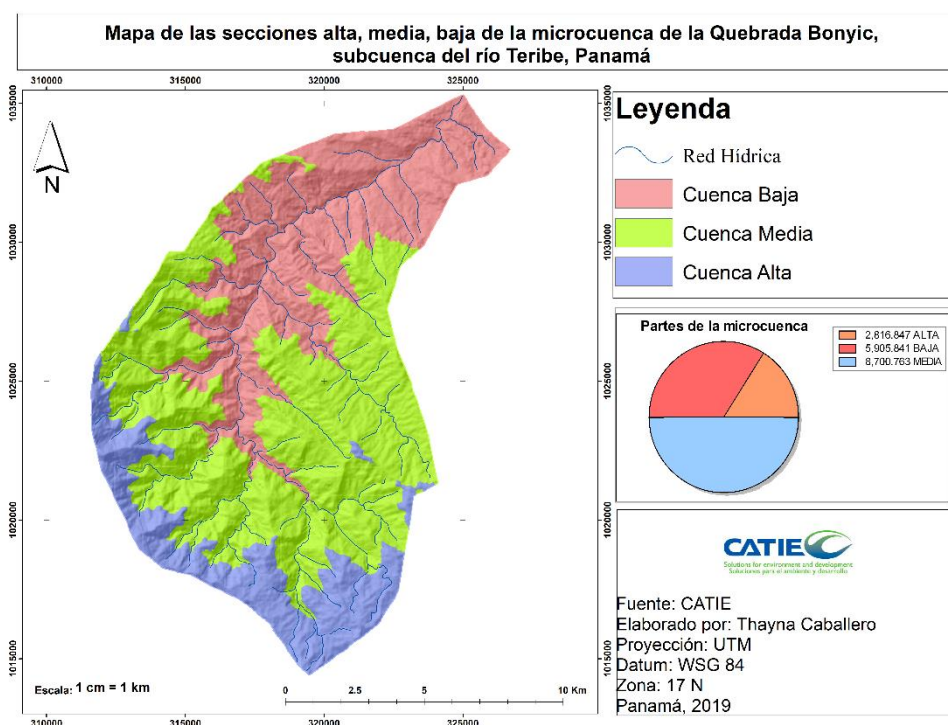


Figura 34 Mapa de las secciones alta, media, baja de la microcuenca de la quebrada Bonyic, subcuenca del río

Parte de la microcuenca de la quebrada Bonyic		
DESCRIPCIÓN	Area (Ha)	PORCENTAJE
Cuenca Baja	5905.84114	34%
Cuenca Media	8700.76265	50%
Cuenca Alta	2816.8466	16%
TOTAL	17423.4504	100%

Cuadro 12 Partes de la microcuenca de la quebrada Bonyic

Los resultados obtenidos de la producción de agua y sedimentación en la microcuenca de la quebrada Bonyic fueron contemplados en tres escenarios distintos, buscando conocer que tanto ha cambiado las variables y más aun con la introducción de la hidroeléctrica.

Los escenarios de simulación de SWAT se construyeron empleando QGIS 2.18.18. en la cual para lograr la calibración se empleó datos de caudales de 1984-2000, logrando tener un buen ajuste entre el caudal observado y el caudal simulado con un coeficiente de correlación de 0.40, teniendo de esta manera un margen de similitud de los datos obtenidos con los reales.

El ajuste se logró mediante los parámetros del método Hargreaves y la humedad relativa con 0.6. En la modelación se obtuvieron 204 unidades de respuesta hidrológica. La calibración obtenida durante el estudio podemos plasmarla de la siguiente manera:

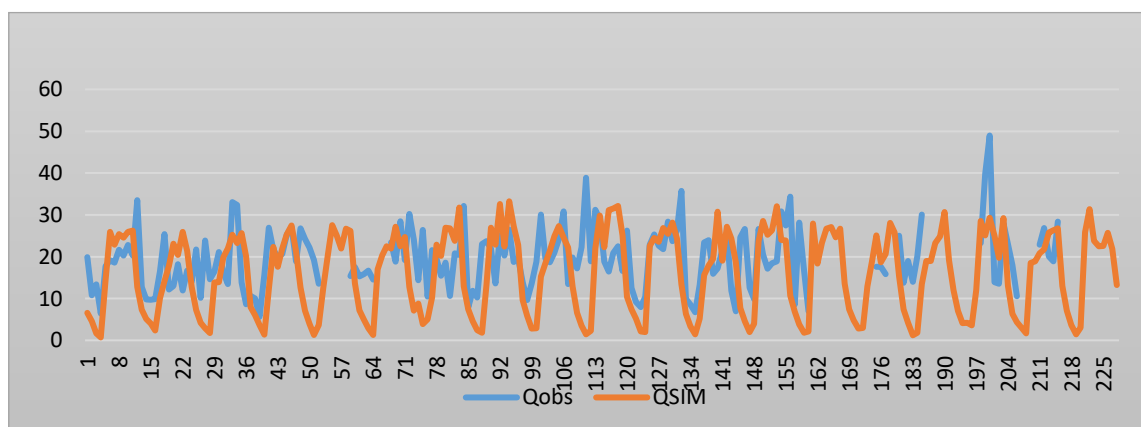


Figura 35 Calibración de los caudales de la microcuenca de la Quebrada Bonyic

Resultados de la Modelación SWAT 1979-2018 en la Microcuenca de la Quebrada Bonyic 1979-2018		
Escenario	Promedio de Producción de H2Omm	Promedio de Producción de Sedimentación
Condición Natural de la microcuenca Años de Modelación (1979-2000)	3,714.8563 mm	1,757.46 Ton métrica /Has
Proceso de intervención de la Hidroeléctrica Años de modelación (2000-2013)	3,702.9999 mm	9.20475 Ton métrica /Has
Proceso de operatividad de la Hidroeléctrica Años de modelación (2014-2018)	3,362.35384 mm	6.0628 Ton métrica /Has

Cuadro 13 Modelación SWAT 1979-2018 en la Microcuenca de la Quebrada Bonyic 1979-2018

El primer escenario se simuló la producción de agua y sedimentación de los años 1979 al 2000 con 204 HRU, indicando que para este periodo la precipitación se mantenía en 4,280.8 mm, una evaporación y transpiración de 926.50 mm (**VER FIGURA N° 37**).

El segundo escenario se simuló para los años 2000 – 2013, teniendo 353 HRU y una precipitación de 4242.3 mm y una evaporación y transpiración de 9928.8 mm (**VER FIGURA N° 38**).

El tercer escenario se simuló para los años 2014-2018, obteniendo 209 HRU con una precipitación de 3982.2 mm y una evaporación y transpiración de 906mm (**VER FIGURA N° 39**).

Tomando en consideración los resultados obtenidos de la simulación podemos indicar que la producción de agua para los tres escenarios mantuvo un promedio similar, mostrando que no existen diferencias en la cantidad de producción de agua, solamente que existió una turbiedad en la misma en el primer escenario.

Los resultados de la producción de agua fueron mínimos, estado normal de los embalses, ya que en la mayoría de los casos producen cambios en el régimen fluvial provocado por el aprovechamiento de agua que deben almacenar en periodos de caudales elevados (Moreno *et. al* 2003), es por ello que podemos notar un descenso de la producción de agua en el periodo de construcción del embalse.

La diferencia notable se presentó en la sedimentación mostrando que el mayor promedio se dio para los años 1979 – 2000 con una sedimentación de 1,757.46 Ton métrica /Has, mayor al periodo de la construcción del embalse, esto debido que para los años 1970 se dieron grandes precipitaciones provocando inundaciones en toda la provincia de Bocas del Toro, dando como resultados de deslizamientos y por ende erosión en los suelos, que debido a la pendiente, caudal, fragilidad del suelo y factores climáticos que se originaron para aquel entonces, se asociaron provocando mayor contenidos de los materiales en suspensión de los

causas relacionando los altos caudales y los aportes de sedimentos dados para esta época, trayendo consigo mayor cantidad escurrimiento superficial originado por la mayor producción de agua. Los sedimentos trasportados en muchas ocasiones se deben por la red de drenaje que acumula mayor producción de agua (IROUME 2003) de tal manera que la sedimentación del área de estudio se dé cerca o a orillas de las laderas.

Es importante tomar en cuenta que uno de los factores del resultado obtenido, es que la escorrentía de los sedimentos es originada por eventos que son la saturación de los suelos durante la precipitación, dando paso a la escorrentía y de esta manera provocando la erosión (Aparicio 2009) citado por (Calvo Brenes 2015), es por ello que podemos decir que en el primer escenario al poseer mayor sedimentación a comparación de los otros, tenemos el porcentaje de reducción de la capacidad de infiltración (Calvo- Brenes 2015).

Teniendo de esta maner que la mayor producción de sedimentación se diera en años anteriores a la represa, un cambio muy diferente y sobre todo interesante, trayendo consigo interrogantes que dieran como paso a realizar las razones de dicha anomalía originada. Para ello se diseñaron climogramas para corroborar que para esas épocas llovió más de lo dados en los años posteriores.

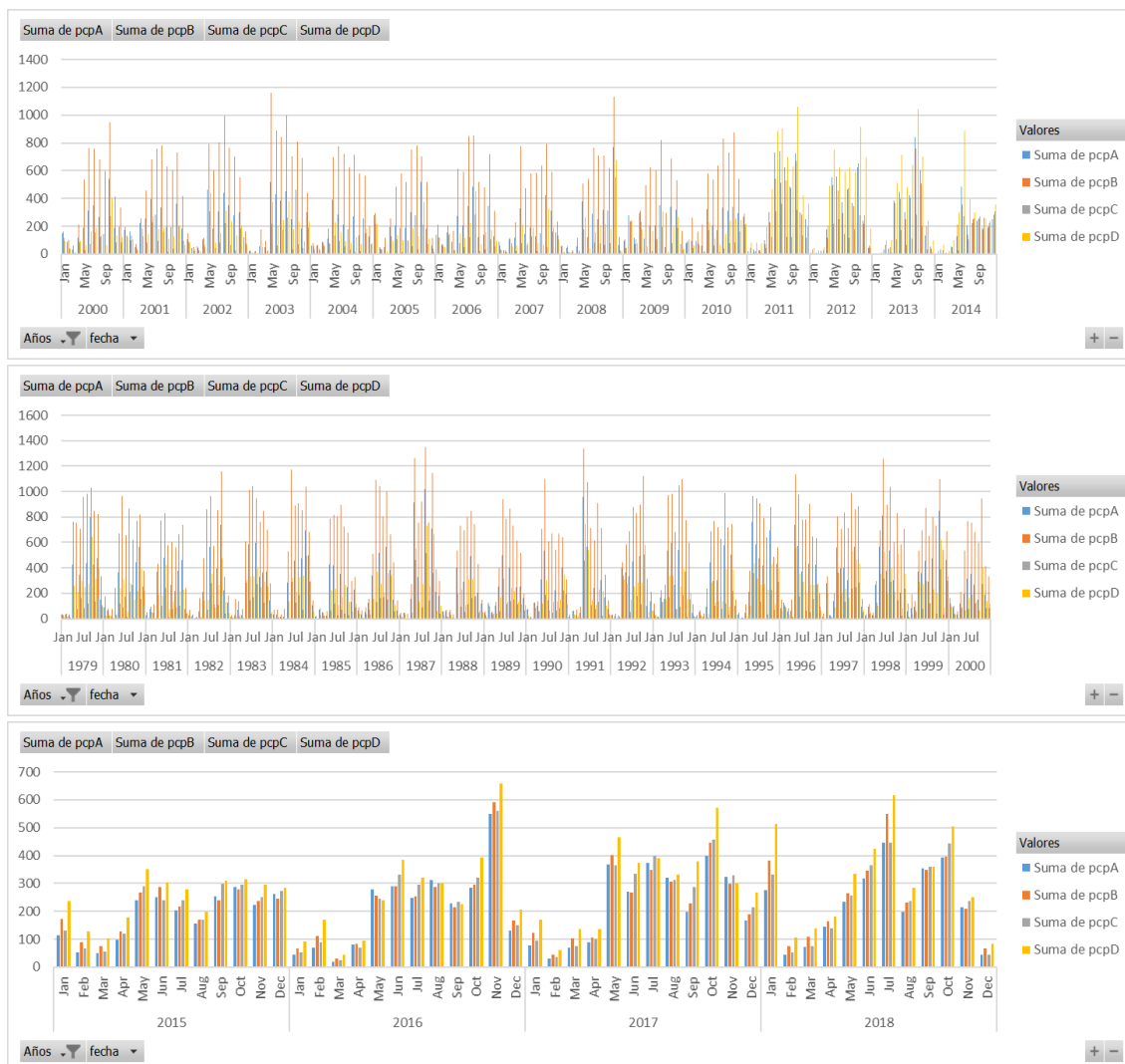


Figura 36 Comparación de Climograma (precipitación) por época 1979-2000-2018

Para los años posteriores la sedimentación en la microcuenca de la Quebrada Bonyic disminuyó a 9.20475 Ton métrica /Has (segundo escenario) y en cuanto al tercer escenario se mantuvo en 6, 0628 Ton métricas/has, demostrando que comenzó a estabilizarse, teniendo de esta manera una reducción.

Estos resultados son un claro ejemplo de que los eventos climáticos son una de las razones por la cual pueden ocurrir aumento de la sedimentación en los suelos. Señala **Arreguín-Cortés et al. 2016** que de acuerdo a los análisis que se han realizado por casos de inundación se ha concluido que esos factores son una de las principales causas de que las precipitaciones intensas provocan grandes arrastres de sedimentos, rocas, árboles y demás objetos, que traen consigo alteraciones dentro o cercana a los ríos o sus llanuras.

Como también es una causa normal que los embalses ocasionen importantes cambios en los regímenes hidrológicos y geomorfológicos, teniendo que entre las principales afectaciones que se pueden observar es cambio en la calidad de agua en sus salidas, siendo la disminución de la carga del fondo y del sedimento en suspensión y la variación en la temperatura y los caudales (Moreno et al. 2003) como se muestra en el segundo escenario (etapa de construcción del embalse), donde la sedimentación fue mayor al tercer escenario.

Climograma que garantiza el origen del aumento drástico de sedimentación productos de las precipitaciones tanto del primer escenario a comparación de los dos siguientes (1979, 2004, 2018):

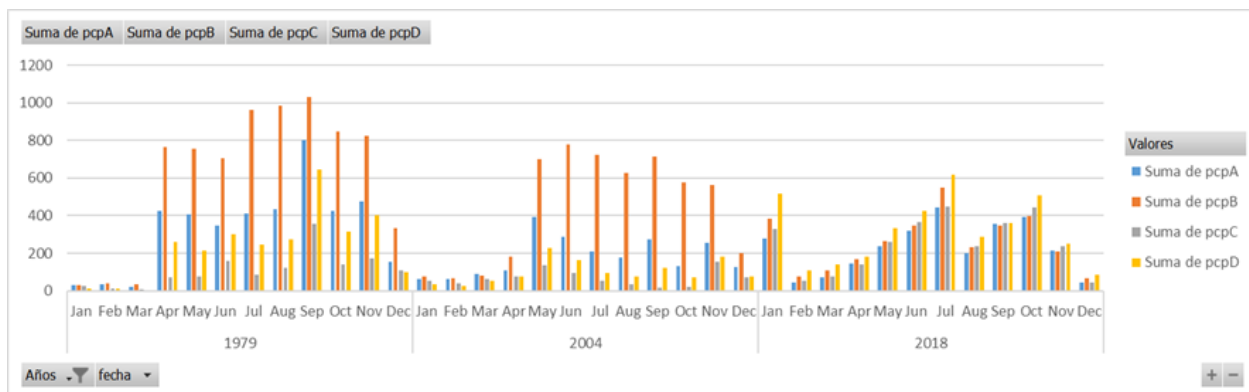


Figura 37 Climograma de precipitación por año 1979-2000-2018

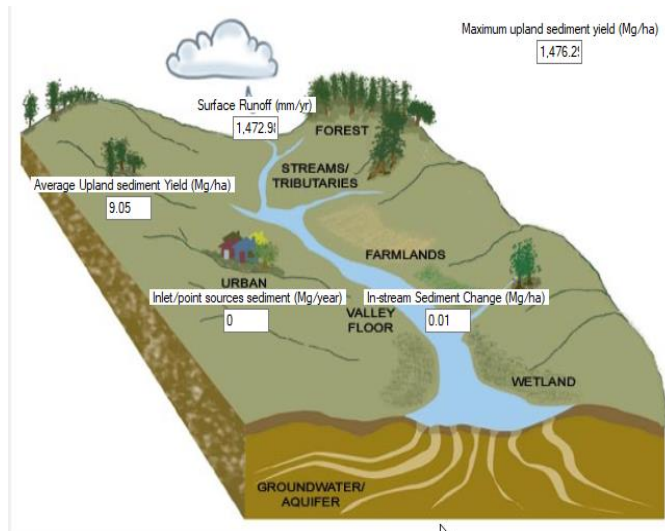
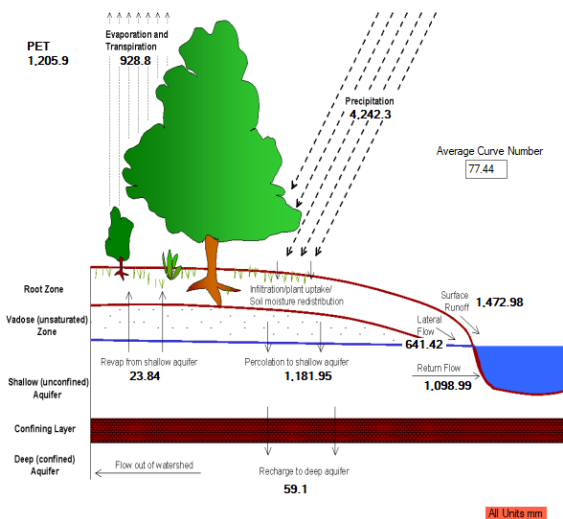


Figura 38 Resultados del Primer Periodo de Simulacion (1979-2000)

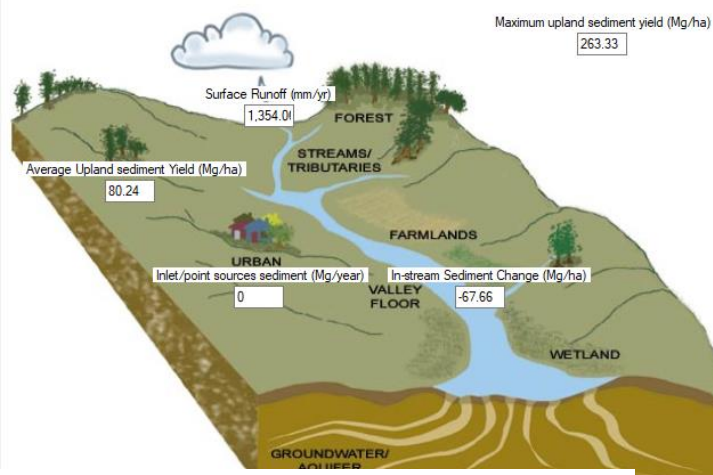
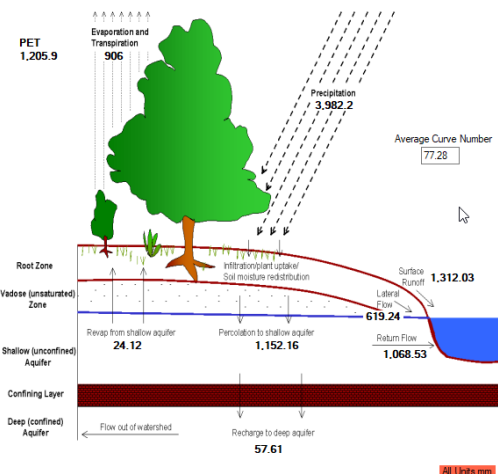


Figura 39 Resultados del Segundo Periodo de Simulacion (2000-2013)

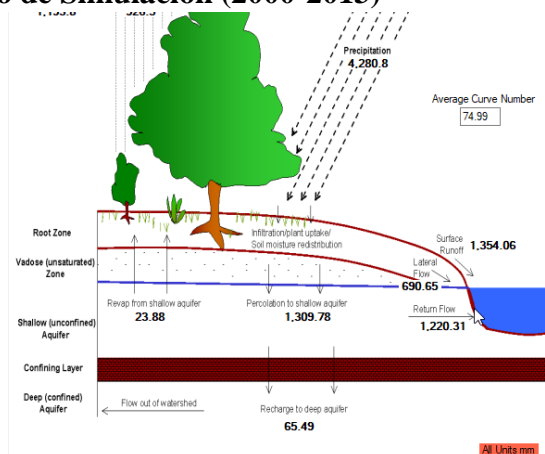
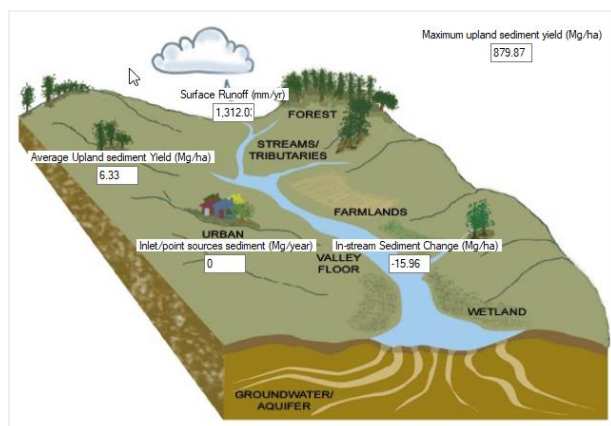


Figura 40 Resultados del Tercer Periodo de Simulacion (2014-2018)

Primer Escenario:

En el **PRIMER ESCENARIO** el modelo subdivide el área de estudio en 30 subcuencas cada una con su respectivo cauce, y estas divididas en 209 HRU, agrupadas por cobertura boscosa, uso de suelo y pendiente. En el siguiente cuadro se muestra la producción de agua y sedimentación por subcuenca. Teniendo de esta manera que la subcuenca con mayor producción de agua y sedimentación se encuentra en la parte media de la microcuenca, correspondiente a la subcuenca N° 16, 24, 5 y las otras se encuentran en la parte alta de la microcuenca subcuenca claro ejemplo 12 y 18 (**Ver Cuadro N°13**).

En promedio total podemos llegar a la conclusión que la microcuenca generó mayor producción de agua y sedimentación en la parte media y en algunas secciones de la parte alta lateral izquierda, los valores más bajos se encuentran en la parte baja, media y alta (lateral derecho) de la microcuenca.

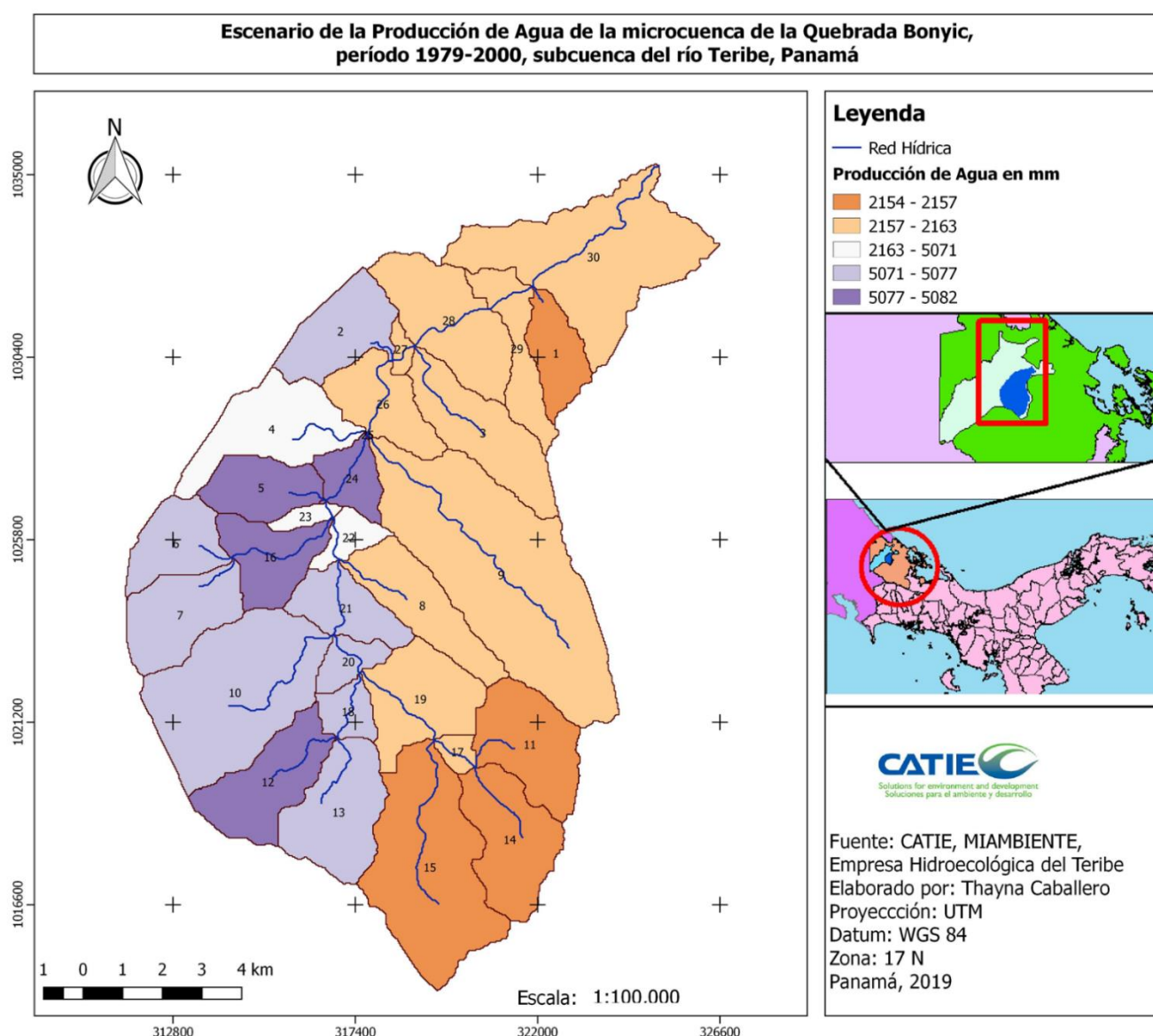


Figura 41 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, período 1979-2000, subcuenca del río Teribe, Panamá

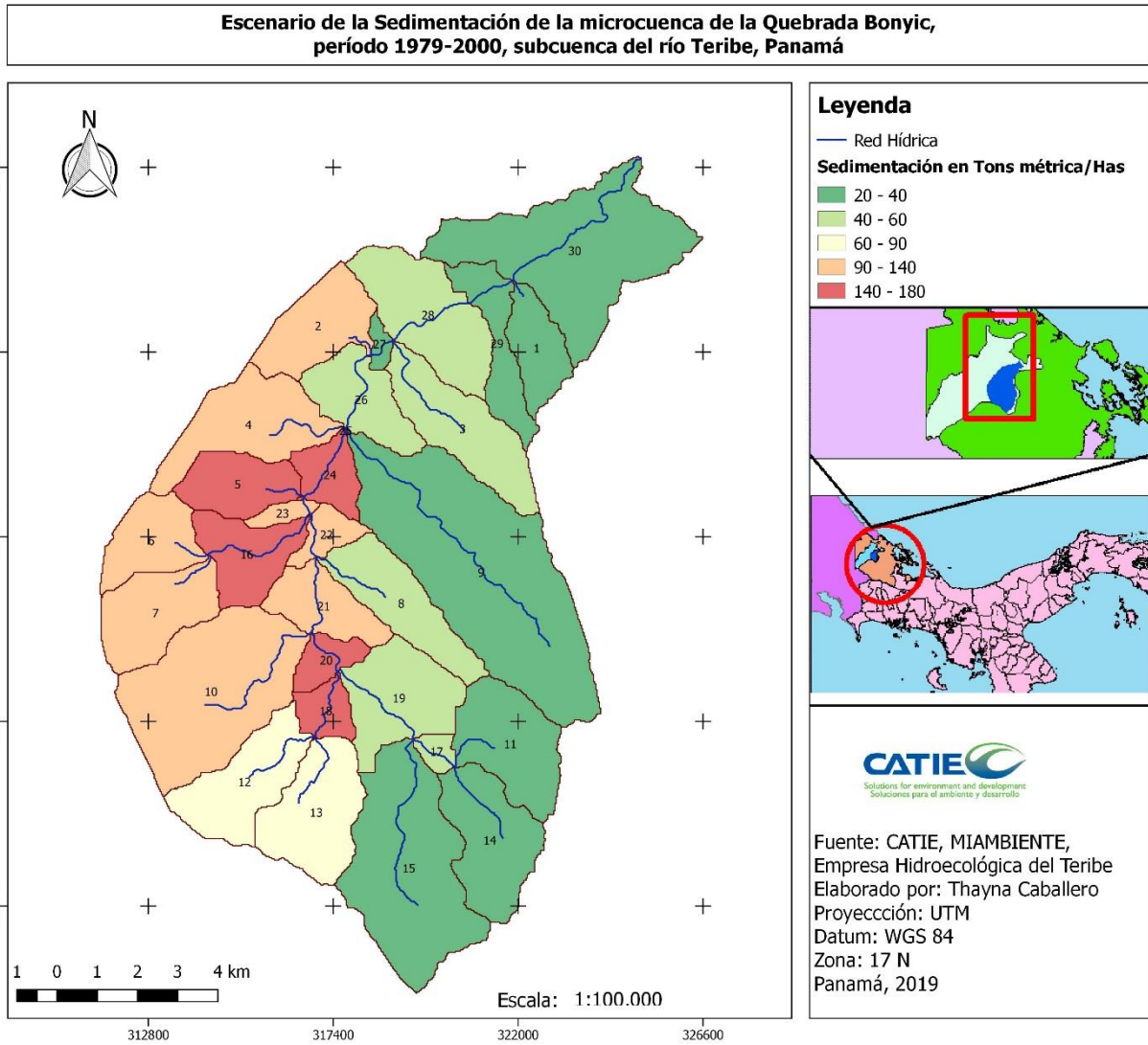


Figura 42 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, período 1979-2000, subcuenca del río Teribe, Panamá

Escenario N°1			
Producción de Agua		Sedimentación	
Subcuenca	mm	Subcuenca	Tons m /has
1	2157.474316	1	633.138
2	5075.483421	2	2318.093
3	2159.219842	3	1048.184
4	5070.760368	4	2718.398
5	5081.680368	5	3310.437
6	5076.483158	6	2628.209
7	5076.224368	7	2267.267
8	2159.889211	8	1209.552
9	2162.716158	9	800.524
10	5076.001211	10	2552.839
11	2156.888684	11	764.88
12	5079.887053	12	1743.985
13	5074.678211	13	1697.536
14	2154.059211	14	529.371
15	2154.143	15	701.216
16	5081.859421	16	3506.43
17	2162.853737	17	1141.007
18	5077.002842	18	3303.204
19	2159.451684	19	1126.761
20	5076.558789	20	3039.441
21	5075.867895	21	2667.918
22	5071.155842	22	2634.476
23	5071.200947	23	2425.589
24	5081.742368	24	3152.114
25	5073.826842	25	459.893
26	2159.240632	26	1024.097
27	2159.138842	27	793.079
28	2161.230842	28	1035.532
29	2160.202421	29	734.882
30	2158.597211	30	755.963
Total	111445.5189	Total	52724.015

Cuadro 14 Escenario N°1 de los años 1979- 2000

En cuanto a la sedimentación según los resultados para esta época la sedimentación se encontraba en rangos muy altos, provocando que en la microcuenca se dieran un sin número de deslizamientos provocando erosión. Todo esto debido a los fuertes eventos climáticos que se originaron en la década de los años 1970, 1991 y 2000.

Este **SEGUNDO ESCENARIO** al igual que el anterior, el modelo subdivide el área de estudio en 30 subcuencas cada una con su cauce, y estas divididas en 353 HRU, agrupadas por cobertura boscosa, uso de suelo y pendiente. En el siguiente cuadro se muestra la producción de agua y sedimentación por subcuenca. Para este periodo la subcuenca con mayor producción de agua está dada en la parte baja y media de la microcuenca, correspondiente a la subcuenca N° 16, 24, 5.

En cuanto a la sedimentación para este periodo se centró en la parte baja de las subcuencas 5 y 16, 28, 29, 30 y 1. La parte alta es la que posee menor cantidad de sedimentación y menor cantidad de producción de agua, principalmente en la parte lateral derecho de la microcuenca (parte alta y media).

Las subcuencas con mayor producción de agua son las 12, 16, 24 y 5 (**VER CUADRO N°14**) y las de mayor sedimentación son 1, 30, 28, 27 y 16.

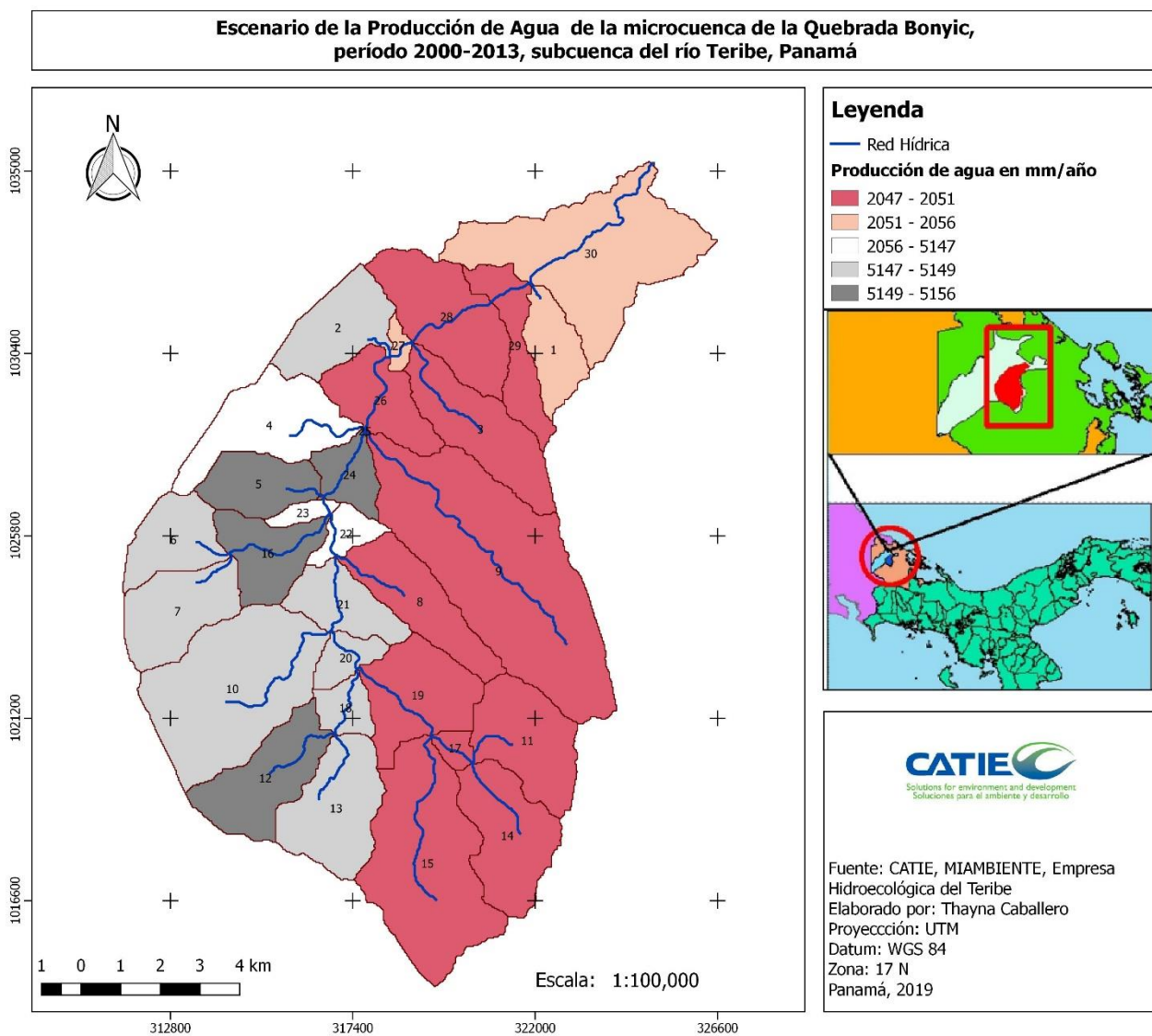


Figura 43 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2012- 2013, subcuenca del río Teribe, Panamá

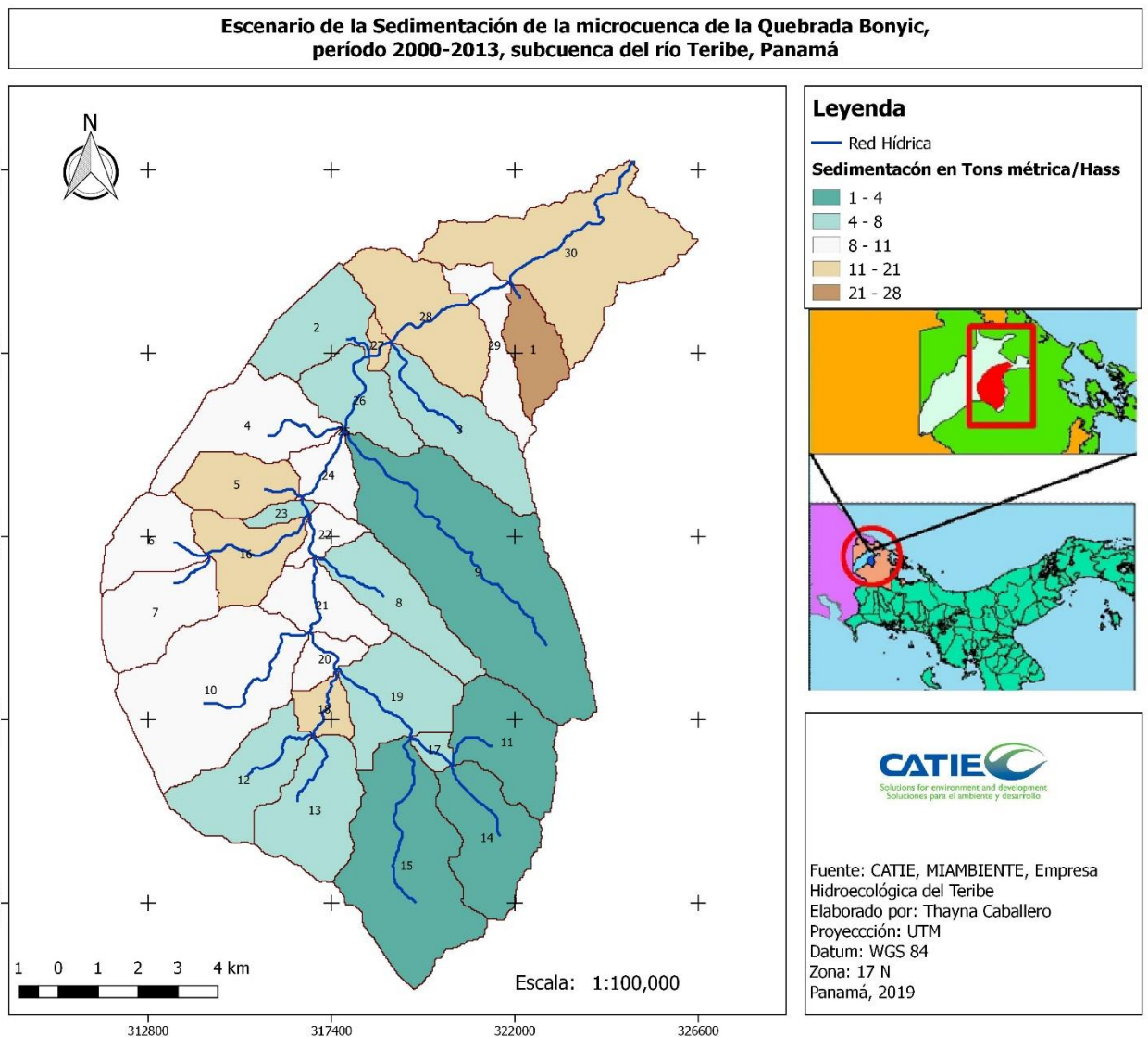


Figura 44 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2012-2013, subcuenca del río Teribe, Panamá

Escenario N°2			
Producción de Agua		Sedimentación	
Subcuenca	mm	Subcuenca	Ton m/ha
1	2054.971	1	27.5131
2	5147.2947	2	7.8042
3	2048.7138	3	5.7666
4	5144.7264	4	9.1891
5	5155.5125	5	11.1901
6	5148.5754	6	10.1341
7	5148.831	7	10.0823
8	2049.3263	8	6.6652
9	2047.5611	9	4.3857
10	5148.6892	10	10.7754
11	2048.2223	11	4.4741
12	5156.027	12	7.9743
13	5148.3709	13	7.3181
14	2047.3624	14	3.5075
15	2046.9136	15	4.3807
16	5155.6493	16	11.8915
17	2048.7378	17	6.2821
18	5148.4729	18	11.2125
19	2048.9816	19	6.1438
20	5148.2095	20	10.0286
21	5147.6313	21	8.7898
22	5145.108	22	8.8754
23	5145.1391	23	8.1564
24	5155.6071	24	10.4364
25	5146.5021	25	1.0484
26	2048.7831	26	5.6498
27	2056.4612	27	12.886
28	2050.7928	28	12.9792
29	2050.0945	29	10.0677
30	2052.7316	30	20.5344
Total	111090	Total	276.1425

Cuadro 15 Escenario N° 2 de los años 2000-2013

El **TERCER ESCENARIO** a diferencia del anterior el modelo subdivide el área de estudio en 31 subcuencas con su cauce cada una, y estas divididas en 209 HRU, agrupadas por cobertura boscosa, uso de suelo y pendiente. El **CUADRO N° 15** muestra que la subcuenca de mayor producción de agua es la 12, 16, 25 y 5; y la de mayor sedimentación tenemos 31, 16, 18, 5 y 24. Es de esta manera que la mayor producción de agua y sedimentación se encuentra en el segmento izquierdo de la parte media, alta y poca en la parte baja de la

microcuenca. Sin embargo, la mayor sedimentación se muestra en la parte baja de la microcuenca con un 10.5805 ton métricas/has y en algunas secciones laterales derecho de la parte media de la microcuenca.

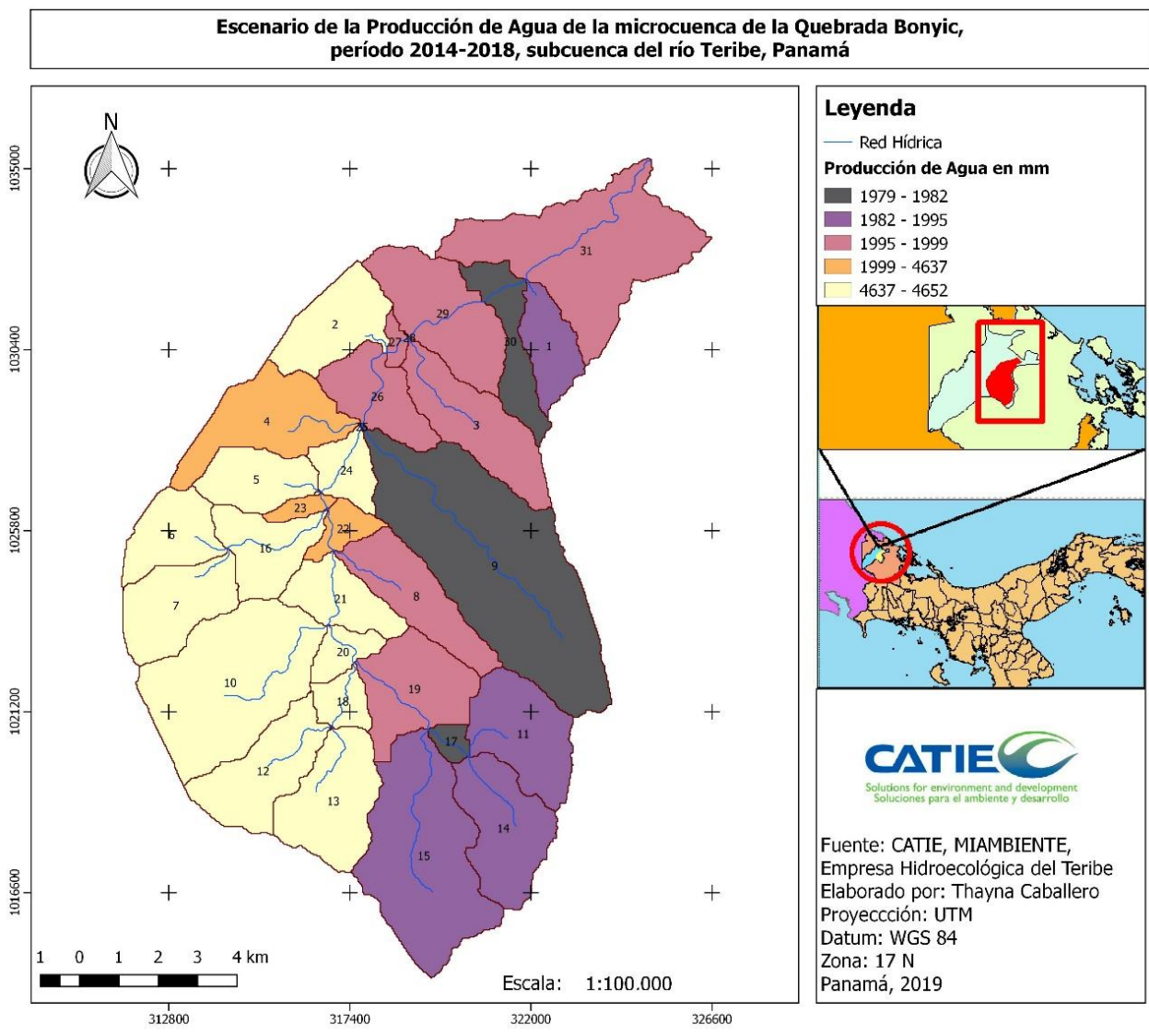


Figura 45 Escenario de la producción de agua de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2014-2018, subcuenca del río Teribe, Panamá

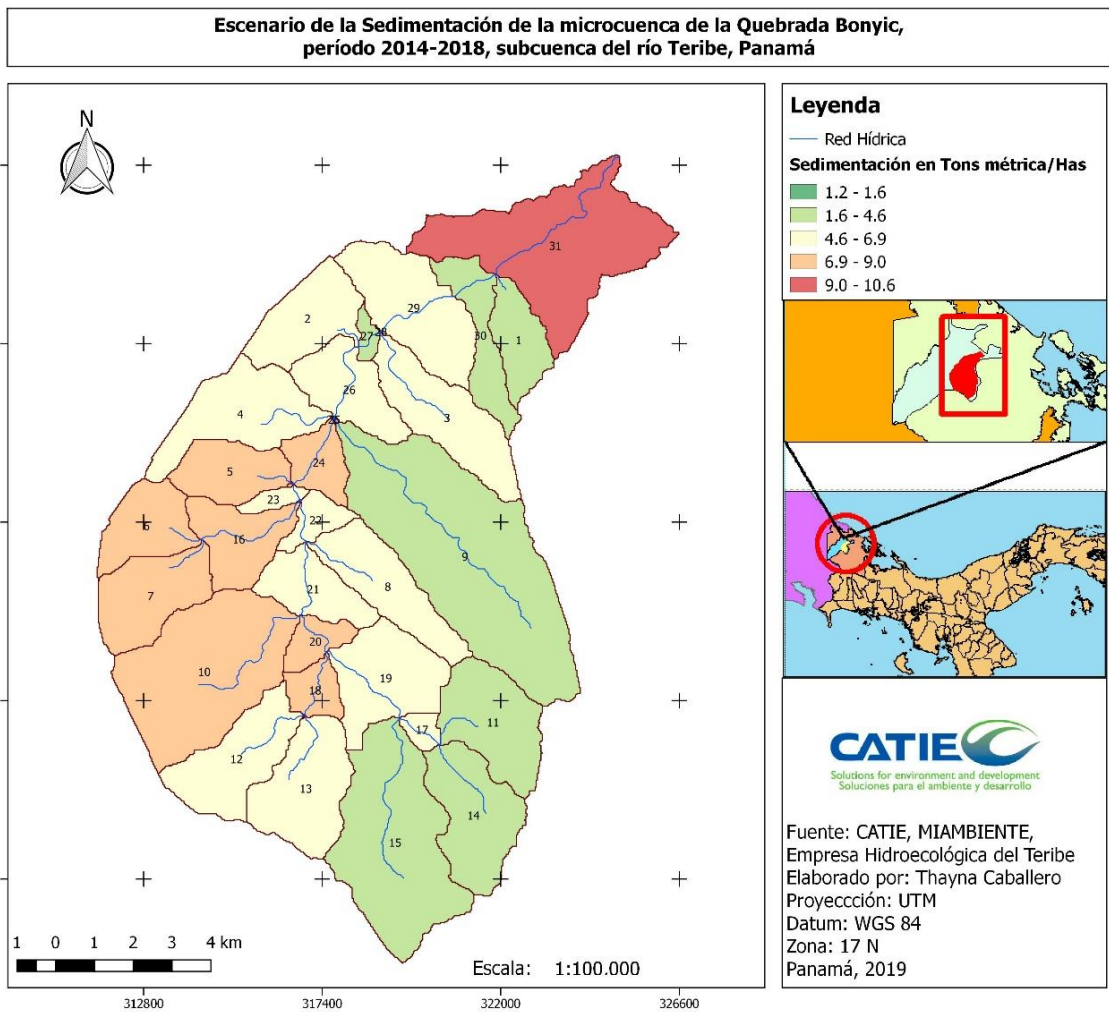


Figura 46 Escenario de sedimentación de la microcuenca de la Quebrada Bonyic, periodo 2014-2018, subcuenca del río Teribe, Panamá

Escenario N°3			
Produccion de Agua		Sedimentacion	
Subcuenca	mm	Subcuenca	to m/ha
1	1994.8775	1	3.54
2	4646.7885	2	5.896
3	1996.5845	3	5.8625
4	4636.453	4	6.9225
5	4650.5325	5	8.4455
6	4648.2135	6	7.5625
7	4648.3835	7	7.435
8	1997.4125	8	6.784
9	1981.1565	9	4.5115
10	4648.464	10	7.971
11	1994.38	11	4.5505
12	4651.5505	12	5.8535
13	4648.631	13	5.4035
14	1991.665	14	3.5495
15	1992.452	15	4.4595
16	4650.82	16	8.969
17	1981.651	17	6.478
18	4648.392	18	8.463
19	1996.969	19	6.32
20	4647.992	20	7.763
21	4647.235	21	6.797
22	4636.9535	22	6.724
23	4636.8955	23	6.187
24	4650.7335	24	8.0615
25	4645.725	25	1.169
26	1996.7145	26	5.747
27	1996.5975	27	4.4675
28	1994.5535	28	1.5525
29	1996.4415	29	5.7825
30	1978.8095	30	4.139
31	1998.9415	31	10.5805
Total	104232.969	Total	187.9475

Cuadro 16 Escenario N° 3 2014-2018

Calidad de agua

La disponibilidad del agua a nivel mundial está jugando un rol muy crítico y por ende preocupante para la humanidad, producto de las malas prácticas y usos que se le da al recurso hídrico. Lo cual ha generado que en los últimos años la demanda del uso del agua para la agricultura, la producción pecuaria, industrial, uso doméstico aumente desmedidamente provocando la reducción del recurso, por lo cual se han generado un sin número de actividades que encaminen a realizar la concientización del agua tanto en las escuelas, colegios, universidades, comunidades y demás actores importantes para mantener la calidad del agua.

Dado el hecho mencionado existen gremios, universidades e investigadores que buscan conocer la calidad del agua mediante métodos menos costoso y saber así la evolución que ha generado el mal uso del recurso hídrico en los últimos años.

La microcuenca de la quebrada Bonyic, no escapa de esta incertidumbre de mantener la calidad del agua en buenas condiciones, es por ello que se desarrollan proyectos encaminados al uso racional del recurso hídrico, a tal punto que se realizan monitoreos llevados a cabo por la Empresa Hidroecológica del Teribe.

A tal punto que los resultados de calidad de agua en la microcuenca de la quebrada Bonyic, según datos del monitoreo biológico (macroinvertebrados) tanto histórico como actuales arrojaron resultados satisfactorios para la actualidad.

Teniendo este resultado fue necesario realizar una revisión literaria de los estudios que sean dado en la microcuenca, a tal punto que se conoció el Estudio de Impacto Ambiental del año 2005 de la Empresa Hidroecológica del Teribe en la cual se verifico el contexto de la sensibilidad de la calidad de agua de quebrada Bonyic. Donde muestran claramente que en general en las estaciones de muestreo se encontraban está dentro de los rangos aceptables de las aguas naturales con amplia capacidad de carga, teniendo para ese entonces una sensibilidad baja (Hidroecológica del Teribe 2005).

El Estudio de Impacto Ambiental considero que para el año 2005 unas de las especies predominantes en cuanto a fauna bentónica estaban las larvas de la familia Chironomidae, los peces periferales como el roncador, bocachica, lisa, y algunos crustáceos, teniendo de esta manera una característica interesante para las especies acuáticas, a lo largo de la microcuenca.

El factor importante para la Empresa es que al presentar un proyecto dentro de un área protegida era responsabilidad de ellos mantener un régimen hídrico y ecológico como importancia principal, de retornar un área natural a su condición original una vez pasaran las intervenciones humanas en la construcción del proyecto.

Es por ello que la Empresa Hidroecológica del Teribe realiza monitoreos continuos para verificar que la calidad del agua, principalmente que los macroinvertebrados del lugar mantengan un buen régimen de calidad de agua aceptable y así tener conocimiento de que tan afectado o no pueda estar la microcuenca de la quebrada Bonyic.

De esta manera conociendo datos históricos en cuanto a calidad de agua según el BMWP/PAN de la microcuenca podemos detallar a continuación:

RANGOS	CALIDAD DE AGUA	COLOR
150 o mas	Aguas de calidad excelente	
78 – 149	Aguas de calidad buena	
59 – 77	Aguas de calidad regular	
39 – 58	Aguas contaminadas	
20 – 38	Aguas muy contaminadas	
<19	Aguas extremadamente contaminadas	

Cuadro 17 Categorías de Calidad Biológica del Agua de Acuerdo al BMWP/PAN

CARACTERÍSTICA	2010-2011 (INICIOS DE LA CONSTRUCCIÓN)		2015 (FASE CULMINADA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA HIDROÉLECTRICA)							2016 (HIDROÉLECTRICA)			2018 (ACTUALIDAD)				
	SECA	LLUVIOSA	Junio			Octubre				Junio		Febrero		LLUVIOSA			
RIQUEZA FAMILIA	22	21	32			32				32		25		21			
N° ORDENES	10	9	12			12				13		13		9			
N° DE INDIVIDUOS	558	1529	570			575				488		570		1529			
BMWP																	
SIGNIFICADO	ACEPTABLE (BUENA)	ACEPTABLE	BUENA-ACEPTABLE,	DUDOSA (REGULAR)	MUY CONTAMINADA	ACEPTABLE	BUENA-ACEPTABLE	DUDOSA (REGULAR)	MUY CONTAMINADA	ACEPTABLE	BUENA	DUDOSA	ACEPTABLE	BUENA	DUDOSA	EXCELENTE	EXCELENTE

Cuadro 18 Fase Histórica del BMWP/PAN para la microcuenca de la Quebrada Bonyic

(Cornejos, A. et al. 2017)

Teniendo estos resultados podemos llegar a la conclusión que la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Bonyic a pesar del impacto de la construcción de la hidroeléctrica ha tenido un avance en las mejoras de la calidad de agua, teniendo de esta manera dentro del área de estudio una calidad de agua aceptable. Debido a que el área de estudio esta estrechamente ligada a un area boscosa protegidas, normadas por leyes tanto nacionales como internacionales, es responsabilidad del Proyecto Hidroecológica del Teribe mantener los componentes ambientales en buenas condiciones y mantener la hipótesis que se han de plantear desde el principio en EIA: *“El Proyecto Hidroeléctrico Bonyic es un proyecto viable en la medida que sea diseñado y ejecutado con tecnologías ambientalmente limpias y apropiadas, y para hacer crecer a la empresa promotora junto con el crecimiento continuo y planificado del pueblo Naso, mejorando su calidad de vida, respetando su identidad cultural y creando nuevas oportunidades para el desarrollo sostenible en el área, la región y el país”*.

Es notable que en la comparación de la calidad de agua de los distintos años en los datos del BMWP (análisis de macroinvertebrados) de la microcuenca de la quebrada Bonyic fueron cambiantes, producto de la construcción de la hidroeléctrica. Señalado en el tercer informe de fauna acuática (Empresa Hidroecológica del Teribe 2016), donde informa claramente que se observaba cierto grado de afectación a las especies con la construcción por el efecto barrera que afectaba directamente la libre distribución, y por ende la presencia o no de algunos macroinvertebrados. Era notable, que existiera una alteración de los resultados en la calidad de agua (considerando que deberían de darse seguimiento de muestreo, debido a que el embalse estaba en proceso de estabilización).

Es entonces, que podemos ver claramente que el después de la construcción de la Hidroeléctrica, fue algo cambiante en cuanto a la calidad y cantidad de los macroinvertebrados, encontrados en los diferentes estudios bentónicos realizados en la microcuenca de la quebrada Bonyic, sin embargo dicho cambio fue mejorando o llegando a tener una estabilidad en los siguientes años, logrando acondicionar la calidad de agua a aceptable, gracias al buen trabajo que ha de realizar la Empresa Hidroecológica de El Teribe en conjunto con la comunidad Naso Tiger Gil, sin obviar que esta cultura está estrechamente ligada en su legado en tener una racionalidad ambiental y sobre todo un cuidado del recurso hídrico desde sus ancestros, lo cual ha sido de provecho para mantener las condiciones Eco-hidrológicas de la microcuenca de la quebrada Bonyic.

PARÁMETRO DE CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA BONYIC											
PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	METODO	RESULTADO COLA DEL EMBALSE	RESULTADO SITIO PRESA EMBALSE	RESULTADO DE AGUAS DEBAJO DE LA PRESA	RESULTADOS DE LA DESEMBOCADURA A QUEBRADA BONYIC	RESULTADOS DE CANAL DE DESCARGA	INCERTIDUMBRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO **
Coliformes Totales	CT	NMP/100 MI	SM 9223 B	>2419,6	1732,9	>2419,6	1119,9	1986,3	± 0,40	1,0	1000,0
Conductividad Eléctrica	CE	µS/cm	SM 2510 B	140,4	146,4	143,8	145,3	144,3	± 0,9	0,0	N.A.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/L	SM 5210 B	1,19	1,16	1,18	1,06	1,13	± 0,21	1,0	35,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	SM 5220 D	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	± 1,23	3,0	100,0
Potencial de Hidrogeno	pH		SM 4500 HB	7,00	6,92	6,96	7,16	6,92	± 0,02	2,0	5,5 - 9,0
Temperatura	T	°C	SM 2550	21,7	22,5	21,6	22,9	21,9	± 0,16	20,0	±3 de la T.N.

Cuadro 19 Resultados de los parámetros físico químicos de la microcuenca de la Quebrada Bonyic (Época lluviosa 2018)

NOTAS:

- Los parámetros que están dentro del alcance de la acreditación para los análisis los puede ubicar en nuestra resolución de aprobación por parte del Consejo Nacional de Acreditación, en la siguiente dirección: <https://envirolabonline.com/nuestra-empresa/>

- La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% (K=2).
- L.M.C.: Límite mínimo de cuantificación.
- N.A: No Aplica.
- ** Parámetros que no están dentro del alcance de acreditación

9.4. Comparar los resultados de los análisis eco-hidrológicos en la microcuenca del río Bonyic con los resultados de las percepciones de los pobladores locales proponiendo estrategias orientadas al manejo y gestión integral del recurso hídrico

De acuerdo a los resultados de las percepciones de las personas podemos concluir, este objetivo, que la microcuenca de la quebrada Bonyic mantiene un buen desarrollo ambiental, a pesar de que en un tiempo mantuvo un impacto sustancialmente directo, trayendo consigo impactos favorables y a la vez negativos, pero que hoy día gracias a los proyectos que ha ejecutado la Empresa Hidroecológica de El Teribe y la comunidad, ha dado origen a crear consciencia de la importancia de proteger los recursos naturales, y a la vez sacarle provecho a la misma de manera sostenible con el ambiente, manteniendo el estado de la microcuenca similar a años atrás.

Las percepciones y los resultados fueron consistentes demostrando que los proyectos deben seguirse desarrollándose para mantener la cuenca en buen estado.

Entre los proyectos ejecutados por la empresa tenemos:

- Reforestación en áreas prioritarias
- Regeneración natural
- Protección de bosques
- Prácticas de conservación de suelo
- Educación ambiental
- Técnicas agroforestales sostenibles
- Conservación de la fauna

También se dictan capacitaciones enfatizadas al cambio climático y estudios fenológico y fauna terrestre.

Resultados de la Entrevistas-semiestructuradas realizadas

PERCEPCION DE LA COMUNIDAD Y TECNICOS DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA BONYIC							
PREGUNTAS		RESPUESTAS POR TÉCNICOS DE LA EMPRESA		COMUNIDAD		TOTALES	
1	¿Qué tanto se ha dado la migración de jóvenes?	BASTANTE	POCO	BASTANTE	POCO	BASTANTE	POCO
		3	0	12	0	15	0
2	¿Han recibo capacitaciones y educación?	SI	POCO	SI	POCO	SI	POCO
	CUALES (SI LA RESPUESTA ES SI)	3	0	6	6	9	6
	Cap. de fauna terrestre, fenología, éticos, plan de educación ambiental. El nivel de la educación es intermedio, Cambio climático, residuos, deforestación, talleres de producción sostenible)			(Centro de desarrollo Sostenible ambiental- MI AMBIENTE), El proyecto brinda capacitaciones- mini-proyectos, sostenibilidad, capital de semillas)	NO (POCO		
3	¿Han percibido cambios en la salud?	SI	POCO	SI	POCO	SI	NO
		3	0	2	10	5	10
	La calidad del agua de consumo humano evita la disminución de enfermedades por el acueducto (3) construido por la empresa, giras por parte del MINSA			Pocas giras por parte del MINSA, cada 2 meses	0		
4	¿Existe organización local en la comunidad?	SI	NO	SI	NO (POCO)	SI	NO

Por quienes?		3		11	1	14	1
		Rey, Corregidor, representante			A veces se torna difícil lograr organizarse		
5	Cree usted que se ha dado cambios en la cobertura (deforestación)	SI	NO	SI	NO	SI	NO
¿Si la respuesta es Si, Por qué?		3		9	1	12	1
		La comunidad ha provocado la deforestación por la vía terrestre construida (comercialización de madera)		Deforestación	El proyecto en conjunto con la comunidad trabaja en reforestar las orillas de los ríos.		
6	Se han dado cambios de uso de la tierra	SI (CUALES)	NO	SI	NO	SI	NO
Si la respuesta es sí ¿cuáles?		3		11	1	14	1
		Cultivos de ñampí, yuca, plátano, naranjas, maíz, chile (subsistencia) y arroz poco.		Se ha dado erosión			
7	¿Se ha producido degradación de suelos/erosión?	SI	NO	SI	NO	SI	NO
MOTIVO		3		10	1	14	1
		X (Ingresos de las act. Pecuarias y erosión por la tala)		Por las malas prácticas agrícolas y ganaderas			
8	Valorization del recurso hídrico	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Como?		3		10	2	13	2

		La comunidad valoriza mucho el recurso hídrico, al igual que la empresa desarrolla capacitaciones encaminadas al cuidado de los recursos naturales.		Cuidan el recurso hídrico como cultura. En cuanto al agua de consumo se posee acueductos construidos por la empresa.	Se consume agua de las quebradas, el acueducto no sirve.		
9	¿Como ha evolucionado la parte económica en la comunidad?	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	Como?	3		12	0	15	0
		La empresa involucro e involucra a los miembros de la comunidad en las actividades que se necesiten realizar, generando empleos como convenio cada contratista debe involucrar mano de obra de naso.		Gracias a la carretera, (MAIZ, ARROZ, PLÁTANO, ÑAMPI, CHILE, ÑAME, CULANTO, OTOE, GUANDU, (AGRICULTURA DE SUBSISTENCIA), naranja, ganadería (poca), maíz, PEZCA.			
#	¿Existen otras actividades que fomentan a mayores ingresos?	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	Cuáles?	3		9	3	12	3
		(Mantiene una gestión social por parte de la empresa como capital semilla) y se está desarrollando una organización basada en hacer crecer el turismo-social		Se está desarrollando personería jurídica,	Poco		
#	¿Cómo se ha evolucionado en las infraestructuras de la comunidad? (transporte, communication, escuela, electricidad?)	SI	NO	SI	NO	SI	NO

Cuales?		3		4	8	7	8
		Poseen paneles solares, plantas eléctricas, educación distante, pero existe, debido a que no hay gran mayoría de estudiantes en el área.			Las condiciones de las infraestructuras y demás sigue siendo la misma de años atrás.		
#	¿La incidencia política ha dado a notar en el lugar?	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Cuales?		3		1	11	4	11
		Pocas, pero se han dado como aceras por parte del Estado, acueductos rurales por parte de la empresa-toma de agua	Poco	MI AMBIENTE	NADA		

Cuadro 20 Percepción de la comunidad y de los técnicos

10. RECOMENDACIONES

Seguir llevando a cabo los planes y estrategias de gestión integral del recurso hídrico que favorezcan las condiciones eco-hidrológicas de la microcuenca quebrada Bonyic.

Mantener esa estrecha relación que existe entre la Empresa Hidroecológica de El Teribe con la comunidad Nasso y así fortalecer los enlaces que encaminen al aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.

Enriquecer las zonas de vegetación riparia a lo largo del cauce principal de la microcuenca y sobre todo cerca del área del embalse para evitar problemas de sedimentación.

Seguir realizando los monitoreos biológicos con el fin de conocer la salud de la microcuenca y sobre todo tener un inventario de los organismos bentónicos por cada monitoreo y de esta manera podemos estar anuente a cualquier cambio que se pueda dar.

La Empresa debe enfatizarse en también brindar capacitaciones en temas de conservación de los recursos hídricos, tanto para la comunidad como para los técnicos que se encuentran trabajando en la microcuenca.

Se recomienda al Estado panameño aumentar la base de datos cartográficos como climáticos del país, ya que los mismos son muy escasos y antiguos por lo que se hace tedioso poner en práctica el uso de programas y modelos hidrológicos actuales.

Fomentar mediante campañas el uso razonable del recurso hídrico acompañadas de instituciones del Estado para que exista mayor involucración de estas entidades en el área de estudio y estar de esta manera anuente a cualquier cambio que se pueda dar por factores climáticos.

Se recomienda de igual manera hacer uso del modelo SWAT en otras cuencas locales que ayuden a conocer las condiciones hidrológicas, siempre y cuando se cuenten con suficiente información válidas para así conocer los impactos que puedan estar generándose en cuencas que posean proyectos hidroeléctricos y así enfatizar en proponer planes y estrategias que ayuden a mantener las condiciones eco-hidrológicas del sitio.

Seguir llevando a cabo los planes y estrategias de gestión integral del recurso hídrico que favorezcan las condiciones eco-hidrológicas de la microcuenca.

11. CONCLUSIÓN

La microcuenca de la Quebrada Bonyic ha tenido cambios en los últimos años, sin embargo, los resultados obtenidos a partir de los años 1979 al 2018 demuestran que las variables estudiadas, tanto cobertura boscosa, uso de suelo, calidad de agua, ancho y continuidad de la vegetación ribereña, producción de agua y sedimentación tienen a plasmar que los cambios sean consistentes unos con otros, demostrando que el mayor impacto se dio en la fase de construcción de la Hidroeléctrica en el año 2005, trayendo consigo una disminución de cobertura boscosa y aumento de otras actividades de uso de suelo, que dieron resultado que la vegetación ribereña disminuyera al igual que los bosques, debido a la deforestación y a la rehabilitación del camino de acceso que se construyó para llevar a cabo el proyecto hidroeléctrico. También es importante considerar que la producción de agua y sedimentación para esta época fue muy marcada principalmente en el área destinada para la construcción, demostrando un aumento de producción de agua y escorrentía superficial, trayendo consigo la sedimentación.

Las condiciones eco-hidrológicas de la microcuenca actualmente mantienen una cobertura boscosa, uso de suelo y calidad de agua muy marcada en excelencia, que a pesar de la influencia que existe de la hidroeléctrica, se ha tratado de mantener las condiciones ambientales similares a la de los años anteriores 1979-2000, dando resultado que el impacto generado, no produzca un cambio brusco en la actualidad, a diferencia de otras cuencas que poseen hidroeléctricas, donde su regeneración es muy lenta y a veces no se logra, debido a que los planes y estrategias no son las adecuadas.

Según resultados el BMWP/PANAMA en época lluviosa y seca demostraron que la calidad de agua actual se encuentran un rango aceptable, y que los mismos al igual que las demás variables sufrió un impacto en la fase de construcción de la hidroeléctrica, y que actualmente recuperó sus condiciones de calidad de agua aceptable a los años anteriores a la construcción del embalse. Dato demostrado en cada uno de los resultados de cada variable estudiada. Como también se demostró que la mayor diversidad de organismos se dio en la época lluviosa y el menor en la época seca. El índice biológico del BMWP/PAN, demuestra información rápida sobre la salud en la que se encuentra una cuenca, de la misma manera ayuda a conocer los impactos o factores que puedan estar influenciando en la calidad de la cuenca, además de ser una herramienta sencilla y a la vez de bajo costo, fácil de aplicar (Auquilla Cisneros 2005).

El modelo SWAT fue una de las herramientas que facilitó obtener resultados reales de las condiciones eco-hidrológicas de la microcuenca de la quebrada Bonyic, determinando con los resultados que esta disciplina orienta a conocer las relaciones que puede existir entre la hidrología y la ecología (UNESCO 2017), a tal punto que este estudio demostró que esta relación es posible realizarse, principalmente cuando los resultados no varían unos con otros, como fue el presente estudio, contribuyendo a la gestión integral del recurso hídrico.

Otro punto importante mencionar que las percepciones obtenidas en campo por parte de la comunidad y de los técnicos de la empresa fueron muy acertadas a los resultados obtenidos en cada época de estudio, demostrando que la microcuenca ha mantenido condiciones ambientales favorables comparación a años anteriores y que el único impacto fue en la fase

de construcción de la hidroeléctrica, y que dichos cambios fueron mejorándose con el tiempo, gracias a los planes y estrategias que ha desarrollado la Empresa Hidroecológica de El Teribe a la mano con las comunidades aledañas al proyecto.

La etnia Naso Tiger Gil son considerada una cultura encaminada al aprovechamiento y cuidado de los recursos naturales, factor importante que enmarca las condiciones actuales y de años anteriores de la microcuenca, donde su historia va encaminada a proteger el recurso hídrico. Es por ello que podemos inferir en decir que es uno de los factores que ayudan a mantener las condiciones eco-hidrológicas en buen estado.

La microcuenca de la Quebrada Bonyic además de poseer una empresa dedicada a mantener las condiciones ambientales del lugar, también cuenta con leyes y decretos que protegen su condición, al estar dentro del Parque Internacional La Amistad y el Bosque Protector Palo Seco, factor importante y positivo para la microcuenca.

A pesar que se conoce que los embalses producen diferentes cambios en el régimen hídrico como en la cobertura boscosa y uso de suelo (Moreno López 2003), también podemos llegar a la conclusión que si se pueden dar impactos sobre el área de construcción del proyecto, pero que a la vez con un establecimiento de planes y programas de estrategias de manejo y gestión del recurso hídrico, podemos tener una cuenca que genere energía y que a la vez nos provea condiciones ambientales agradables, claro ejemplo es la microcuenca de la Quebrada Bonyic que posee una Hidroeléctrica que genera 31,8 MW para una generación aproximada de 156GWh/año (Empresa Hidroecológica del Teribe, 2018).

De esta manera se concluye que el impacto sobre la producción de agua durante la fase de construcción de la hidroeléctrica Bonyic no fue significativo, si en la calidad de agua y producción de sedimentos. Impacto que se viene revertiendo en los últimos años, presentando un estado casi similar a las condiciones previas a la construcción del embalse.

Como también que la cobertura boscosa sufrió un descenso en la fase de construcción del embalse, su recuperación fue más notable para el presente año, teniendo una vegetación muy similar a las condiciones ambientales de previas a la represa.

Por ello es posible realizar intervenciones humanas (construcción de represas) bajo criterios y enfoques que conlleven a la restauración de los ecosistemas intervenidos.

12. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá). 2011. Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la República de Panamá 2010-2030 (en línea). Panamá, Panamá. 180 p. 15 en. 2016. Disponible en <http://goo.gl/4ocUVn>

ATP (Autoridad de Turismo Panamá)2019. El Teribe Cultura Naso El Teribe Cultura Naso. Consultado el 02 jul. 2019. Disponible en <https://visitpanama.com/destino/el-teribe-cultura-naso/>

Agudelo C, RM, 2005. El agua, recurso estratégico del siglo XXI. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. Vol.23. N°.1. Medellín, Colombia. Consultado el 03 jun. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009

Anderson, E. P. 2013. Desarrollo Hidroeléctrico y Servicios Ecosistémicos en Centroamérica. (IDB Technical Note; 518). Consultado 5 may. 2019. Disponible en https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5824/SR2012_ANDERSON_FINAL_ESP.pdf?sequence=1

Arcia, E.; Otto, M. Caracterización ecohidrológica de humedales alto andinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de cuenca del Río Santa, Ancash, Perú. Revista de Ecología aplicada. Vol.14 no.2 Lima, Perú. Consultado el 07 set. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200004

Arreguín-Cortés, F.I.; López-Pérez, M.; Marengo-Mogollón, H. 2016. Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. Revista Tecnológica de la ciencia agua vol.7 no.5 Jiutepec. Consultad el 02 jul. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000500005

Arroyo Morales, L. A.; Heidinger, H.; Araya Morales, JE. Modelo Hidrológico SWAT como Herramienta para Procesos de Toma de Decisión. Documento Tecnico N° 14 Area Evaluación de Tierras. San José, Costa Rica. Consultado el 01 de jun. 2019. Disponible en <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/08/00398-folletomodelohidrologicoswat.pdf>

Auquila Cisneros, R.C. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. Tesis Magister Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Consultado 9 jul.2018. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5628/Uso_del_suelo_y_calidad_del_agua_en_quebradas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brandiz L; Labraga, J. C. (S.F.) Calibración del Modelo Hidrológico Swat en la Cuenca del Río Salado, Provincia De Buenos Aires. Centro Nacional Patagónico, CENPAT – CONICET. Puerto Madryn, Argentina. Email: laurabrandizi@gmail.com. Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca, Argentina. Consultado <http://www.congremet.prmarg.org/upload/brandizilaura.pdf>

Juan Cabrera. (s.f.). Calibración de Modelos Hidrológicos. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Consultado 08 sept. 2018. Disponible en http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf

Caho-Rodríguez, CA.; López-Barrera, EA. 2017. Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Producción más limpia. Vol.12, No.2 - 35•49 - DOI: 10.22507/pml.v12n2a3

Dawen Yang, X.L.; Zheng, Ch.; Li, X.; Zhao, W.; Huang, M.; Chen, Y.; Yu, P. 2017. Ecohydrology. Springer Geography. Consultado el 03 jun.2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/306082749_Ecohydrology. pp.407-417

Caho-Rodríguez, CA.; López-Barrera, EA. 2017. Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Artículo original Producción + Limpia - Julio - diciembre de 2017. Vol.12, No.2 - 35•49 - DOI: 10.22507/pml.v12n2a3. Citado el 28 de may. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>

Calvo-Brenes, G.; Araya-Ulloa, A. 2018. Evaluación de dos índices de calidad del agua en varios sitios de la quebrada La Central, Pacayas de Alvarado, Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 31-4. Pág. 73-83. Consultado 27 jul. 2018. Disponible en DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3966>

Campos Aranda, D.F. 1992. Procesos del Ciclo Hidrológico. Segunda Reimpresión. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Consultado el 8 jul 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/258830202/Procesos-Del-Ciclo-Hidrologico-Campos-Aranda>

Carrera, C. y Fierro, K. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Eco Ciencia. Quito, Ecuador. Consultado el 15 jun. 2018. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300087851>.

Carvajal Vanegas, Dorian. 2017. Dinámica hídrica bajo condiciones climáticas cambiantes en la subcuenca del Río Tempisquito, cuenca del Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. Tesis M.S.c. Guanacaste, Costa Rica. Consulta 19 sept. 2018. Disponible en <http://hdl.handle.net/11554/8705>

CLIMATE-Date. 2018. Plataforma. Consultado 24 abril. 2018. Disponible en <https://es.climate-data.org/>

CONAGUA (Comisión Nacional de Agua). 2015. Monitoreo de Calidad de Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad de Agua (en línea). Consultado el 11 may. 2018. Disponible en http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/TF_CalidadAgua/CalidaddelAgua.pdf

Condori-Luna, I. J.; Loza-Murguía, M. G.; Mamani-Pati, F., Solís-Valdivia, H. Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la subcuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014. 2018. Art.

Journal of the Selva Andina Research Society. Consultado 12 sept. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a03.pdf

Cornejo, A., López-López, E.; Ruiz-Picos, R.A.; Sedeño-Díaz, J.E.; Armitage, B.; Arefina, T.; Nieto, C.; Tuñón, A.; Molinar, M.; Ábrego, T.; Pérez, E.; Tuñón, A.R.; Magué, J.; Rodríguez, A.; Pineda, J.; Cubilla, J.; M. Ávila Quintero, I. 2017. Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá. 326 p.

Díaz-Hernández, J.M. 2008. Evaluación hidrodinámica del hábitat ecohidráulico dirigida a la conservación y restauración de hidrosistemas fluviales. Revista Ingeniera e Investigación vol.28 no.2 Bogotá. Consultada el 01 agosto. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092008000200013

Díaz, A.M.; Renner, I. 2006. Gestión Integral de Cuencas: La experiencia del Proyecto Regional Cuencas Andinas (en línea). Primera Edición. Lima, Perú. Editorial. Centro Internacional de la Papa. 236 p.

EcuRed. (s.f.) Cobertura boscosa. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en https://www.ecured.cu/Cobertura_boscosa

Empresa Hidroecológica del Teribe, S.A. 2018. Consultado el 12 febr. 2019. Disponible en <http://hidroecologicadelteribe.com/2020/index.php/en-armonia-con-las-comunidades/historia-del-convenio-naso>

EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S.A. 1980. CAUDALES PROMEDIOS DÍARIOS (m³/s). EXC.

Empresa Hidroecológica del Teribe, S.A. Información para Pronósticos de Caudales. 52 pág.

Empresa Hidro ecológica del Teribe, S.A. INFORMACIÓN SOBRE EL PROYECTO PARTE 5 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE 2005. Bocas del Toro, Panamá. 841 pág.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. Gestión de cuencas hidrográficas en acción: lecciones aprendidas en proyectos de campo de la FAO (inglés). Consultad 13 agosto. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1072913/>.

Ferrer Alessi, V.; Torrero, M. 2015. Manejo Integrado de Cuencas Hídricas: Cuenca del Río Gualjaina, Chubut, Argentina. Boletín Mexicano de Derecho Comparado, vol. XLVIII, núm. 143, 2015, pp. 615-643. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México Consultado 11 sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/427/42740035004/6>

Fernández-Soto, E.; Peña-Cortés, F. 2016. Aplicación de un modelo hidrológico espacialmente distribuido en dos cuencas costeras de la Región de La Araucanía (Chile1). Vol. LXXVII, 280, pp. 35-56. Consultado el 1 de sept. 2018. Disponible en <http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/viewFile/474/474>

Fernández Cirelli, A. 2012. El agua: un recurso esencial. Revista Química Viva - Número 3. Buenos Aires, Argentina. Consultada el 06 de sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Flowers, R.W.; C. de la Rosa. Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical On-line versión ISSN 0034-7744 Print versión ISSN 0034-7744. Rev. biol. trop vol.58 suppl.4 San José Dec. 2010.. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800004

Francisco P., E.; Chávez S. G.; Saldaña R., J.S.; Gutiérrez V., M.; Fajardo, M.; Arguedas M., M.; Guanopatin P., M.; Mejía P., N.; Sagú G., N.J. 2013. Turrialba, Costa Rica. Estudio sobre la percepción de la conservación de la naturaleza en las comunidades de la lucha, Seis Amigos, Pocera Norte y Sur, Costa Rica.

Franco, R. 2017. Composiciones Landsat en ARCGIS. Consultado 08 jul. 2019. Disponible en <https://mixdyr.wordpress.com/tag/imagenes-satelitales/>

García de la fuente, C. 2014. Parámetros físico-químicos del agua. Albéitar. P.V. (en línea). Consultado el 21 jul. 2018. Disponible en <https://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/12664/articulos-otros-temas/parametros-fisicoquimicos-del-agua.html>

García, J.M.; Sarmiento, L.F. Salvador; Rodríguez, M.S.; Porras, L.S. 2017. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta UG Ciencia, 23, 47-62. Consultada el 17 set. 2018. Disponible en <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/download/659/1174>

García R., J.A.; Forero O., M. A. (2017) Seguimiento Biológico: Fauna Acuática y Evaluación Socioeconómica de la Pesca en el Punto Medio- Bajo de la Quebrada Bonyic, y Bajo de los Ríos Teribe y Changuinola para el Proyecto Hidroeléctrico Bonyic. Bocas del Toro, Panamá. 142 p.

García, J. Asesores Asociados R.V. S.A. 2015. Informe de Seguimiento de las Medidas de Mitigación de la Fauna Acuática de la Central Hidroeléctrica Bonyic. 70 pág.

GARCIA, J. Asesores Asociados R.V. S.A. 2016. Informe de Seguimiento de las Medidas de Mitigación de la Fauna Acuática de la Central Hidroeléctrica Bonyic. 70 pág.

GWP (Global Water Partnership, Central and South América). 2014. el agua se nos va de las manos. Manual para periodistas y comunicadores/as sobre la cobertura y abordaje de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) (en línea). Central and South América. Consultado el 27 agosto. 2018. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/el-agua-se-nos-va-de-las-manos_espanol.pdf

GWP (Global Water Partnership Central America). 2017. Situación del Recurso Hídrico en Centroamérica: hacia una gestión integrada. Centro América. Consultado el 27 agosto. 2018. Disponible en https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf

Hanson, P.; Springer, M.; Ramirez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista biológica tropical. Vol.58. Suppl.4. San José, Costa

Rica. Consultado el 23 jun. 2019. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001

Hernández Fernández, S. 2002. Interferencia de los Embalses, y su Régimen de Explotación, con Algunos Procesos y Especies Relacionados con la Fauna. Universidad de Extremadura, Cáceres. Congreso Internacional de Conservación y Rehabilitación de Presas. Madrid (España), 11 – 13. Consultado el 15 sep. 2018. Disponible en http://catedraia.unex.es/articulos/2002-11-13_Cong_Int_Presas-Interf_Emb_y_su_Explot_con_Fauna-Sahf.pdf

Hydroecológica del Teribe S.A. 2013. Central Hidroeléctrica Bonyic. Consultada el 04 jun. 2018. Disponible en http://www.hidroecologicadelteribe.com/index.php?option=com_content&view=article&id=93&Itemid=177

Hurtado Pidal, J.R.; Yáñez Borja, D.B. 2017. Aplicación Del Modelo Hidrológico Swat (Soil & Water Assessment Tool) Para Análisis Del Caudal De Escorrentía Superficial En La Cuenca Hidrográfica Del Río Las Juntas. Revista GEOESPACIAL. Consultado el 23 agosto. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/321016385_APLICACION_DEL_MODELO_HIDROLOGICO_SWAT_SOIL_WATER_ASSESSMENT_TOOL_PARA_ANALISIS_DEL_CAUDAL_DE_ESCORRENTIA_SUPERFICIAL_EN_LA_CUENCA_HIDROGRAFICA_DEL_RIO_LAS_JUNTAS

Imbach., P.; Robalino., J.; Brenes., C.; Zamora., J.C.; Cifuentes., M.; Sandoval., C.; Beardsley., M. 2013. Análisis de cambio de uso de la tierra (1992–2008) y formulación de escenarios de deforestación futura de los bosques de Panamá Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p.

IROUME, A. Transporte de sedimentos en una cuenca de montaña en la Cordillera de los Andes de la Novena Región de Chile. NOTA TECNICA. Bosque, Vol. 24 N° 1, 2003, pp. 125-135. Consultado el 12 may. 2019. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002003000100010

Intergovernmental Panel on Climate Change Paris. Francia. Consultado el 10 jun.2018. disponible en <http://www.slvwd.com/agendas/Full/2007/06-07-07/Item%2010b.pdf>

Jorgenzen, S. E., 2015. Ecohydrology as an important concept and tool in environmental management. G. Model ECOHYD-78; No. of Pages 3. Article in press. Science direct. Consultada el 17 agosto. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S164235931500018X>

Landeros-Sánchez, C.; Moreno-Seceña, J.C.; Martínez-Dávila, J.P.; Palacios-Vélez, O.P. 2015. Ecohidrología. La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado Volumen I, Edición: Primera edición, Chapter: Sección VII, Publisher: CONABIO, Editores: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología A.C, pp.505-515. Consultado 04 jun. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280319478_Ecohidrologia

Ledesma, C.; Bonansea, M.; Rodríguez, C.; Sánchez Delgado, A.R. 2013. Calidad del agua en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando sistemas de información geográfica y modelos lineales de regresión. Universidad Nacional de Río Cuarto. - Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Facultad de Agronomía y Veterinaria Universidad de Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) - Seropédica, RJ, Brasil Departamento de Matemática. Consultada el 15 set. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n2/08.pdf>

López Bermúdez, F.; Gutiérrez Escudero, J. D. (2003) Estimación de la Erosión y Aterramiento de Embalses en la Cuenca Hidrográfica del Rio Segura. Cuaderno de Investigación Geográfica. Tomo VIII – 1982. Pág. 3-18. Colegio Universitario de Las Rojas – Logroño. Consultado el 23 agosto. 2018. Disponible en <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/download/892/787>

Maderey Rascón, L.E.; Jiménez Román, A. 2000. Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a la Ciudad de México. Investigaciones Geográficas, BoietiR del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 45. 2001. PP. 2438. Consultado el 18 set. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a3.pdf>

Mafla, M. 2005 Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. Consultado 8 jul. 209. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A0881e/A0881e.pdf>

Maldonado Santafé, L. C. 2011. Indicadores Ecohidrológicos de Vulnerabilidad en Cuencas Hidrográficas ante la Construcción de Represas. Tesis Ing. Civil. Bogotá, Colombia. D.C. Consultado 02 may. 2018. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11130/MaldonadoSantafeLiliaCarolina2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez-Austria, P.; Patiño-Gómez, C. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Revista Tecnológica de ciencias y agua vol.3 no.1 Jiutepec. México. Consultado el 14 jun 2018. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000100001

Martínez Tirado, N. 2000. El proceso de ocupación en la cuenca del embalse la mariposa y sus efectos de deterioro en el embalse y sus aguas. Terra Nueva Etapa, vol. XVI, núm. 25, 2000, pp. 27-55. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Consultado el 12 jul. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/721/72102503.pdf>

Martínez Yrizar, A.; Búrquez, A.; Calmus, T. 2012. Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. Consultado el 21 may. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/238807004_Disyuntivas_impactos_ambientales_a_sociados_a_la_construccion_de_presas

Menchaca Dávila, M.; Alvarado, Michi, E. L. 2011. Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 1, pp. 85-96 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

Pecuarías Estado de México, México. Consultado 6 agosto. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700007

Mendoza Cariño, M.; Quevedo Nolasco, A.; Bravo Vinaja, A.; Flores Magdaleno, H.; De La Isla De Bauer, M.L.; Gavi Reyes, F.; Zamora Morales, B.P. 2014. Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista internacional de contaminación ambiental* vol.30 no.4 México

Meza-S, AM; Rubio-M, JR. Calidad De Agua Y Composición De Macroinvertebrados Acuáticos En La Subcuenca Alta Del Río Chinchiná. Departamento de Ciencias Biológico de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Consultado el 08 de jun. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v34n2/v34n2a13.pdf>

Monzon Rosito, J.C. 2015. Ecohidrología y servicios de regulación hidrológica en cuatro subcuencas de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) y sus aplicaciones para la gestión de recursos hídricos. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Consultado el 20 jun. 2018. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/53266>

Montoya, A. 2011. El Oikos de la Ecología. Md. Esp. Ps. Esp. Sp. Mg. Filosofía. Editorial. Luna Azul. No.33 Manizales. Consultado el 15 agosto. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742011000200001

Moreno-Jiménez, V.; Castillo-Acosta, O.; Gama-Campillo, L.; Zavala-Cruz, J.; Ortiz-Pérez, M. A. 2017. Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y Bosques*, vol. 23, núm. 1, 2017, pp. 91-109

Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. Consultado el 12 sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/617/61750015008/6>

Muñoz, Miriam. 2016. Conferencia Internacional sobre Ecohidrología de Zonas Tropicales. Universidad de Cuenca. Consultado 12 may. 2018. Disponible en <https://www.ucuenca.edu.ec/sobre-la-udc/cobias/28-cat-recursos-servicios/cat-prensa/3205-conferencia-internacional-sobre-ecohidrologia-de-zonas-tropicales>

Neitscha, S.L.; Arnold, J.G.; Kiniry, J.R. 2005. Herramienta de Evaluación de suelo y agua, Documentación Teórica. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Temple, Texas. Consultado el 18 set. 2018. Disponible en <https://swat.tamu.edu/media/46964/swat2005-theo-doc-spanish.pdf>

Ríos, N. 2018. Curso de Uso del Modelo SWAT como una Herramienta para el Manejo de Cuencas

Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola. Consultado 17 sept. 2018. Disponible en http://www.lamolina.edu.pe/eventos/agricola/2018/DRH/modelo_swat/

Ordoñez Reséndiz, M. 2005. Departamento De Recursos Hidricos: Colección de Coleoptera (Insecta) de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. *Acta zoológica mexicana* versión On-line ISSN 2448-8445 versión impresa ISSN 0065-1737. Vol.21 no.1 Xalapa abr. Consultado el 15 jun 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372005000100004

https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1622/1/100000030892_documento.pdf

Oñate-Valdieso et al. 2007. Modelamiento Semidistribuido, con Información Escasa, de una Cuenca Hidrográfica para su Planificación Territorial. Madrid, España. Consultado el 26 agosto. 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=114059>

Osorio Rosado, C.A. sf. La Consulta popular ante los impactos ambientales de la construcción de Proyectos Hidroeléctricos en Colombia. Estudio del Caso de la hidroeléctrica El Quimbo. Universidad Católica de Colombia. Consultado el 19 jun 2019. Disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15905/1/Impactos%20ambientales%20de%20los%20proyectos%20hidroelectricos%20en%20Colombia.pdf>

Otavo, S.E.; Parrado-Rosselli1, A.; Noriega, J.A. 2013. Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. Revista biológica tropical. Vol.61 n.2. San José, Costa Rica. Consultado el 20 jun. 2019. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300019.

Parra Arango, J.L.; Rodríguez Rodríguez, A.; Beltrán Bejarano, D. M.; Onofre Rodríguez, H. G.; Bueno Guzmán, G. A.; López Forero, M. T.; Uribe Parra, N. 2005. Modelo de Simulación: Sistema de producción bovino doble propósito-Piedemonte Llanero. Villavicencio, Meta, Colombia. Editor Corpoica. Consultado el 29 de mayo 2019. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=g-qqWFcvxS0C&pg=PA1996&lpg=PA1996&dq=Modelo+de+simulacion.+Sistema+de+produccion+doble+prop%C3%B3sito+seg%C3%BAAn+parra+2005&source=bl&ots=HuMB5YEX9w&sig=ACfU3U1kMGVEzq_hhEkJDewNxoakEVX_9A&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiNIZ3fksDiAhXLpFkKHYqwC1YQ6AEwCXoECAgQAQ#v=onepage&q=Modelo%20de%20simulacion.%20Sistema%20de%20produccion%20doble%20prop%C3%B3sito%20seg%C3%BAAn%20parra%202005&f=false

Pizarro, R.; Ausensi, P.; Aravena, D.; Sangüesa, C.; León, L.; Balocch, F. 2009. EVALUACIÓN DE Métodos HIDROLÓGICOS PARA LA COMPLETACIÓN DE DATOS FALTANTES DE PRECIPITACIÓN EN ESTACIONES DE LA Región DEL Maule, CHILE. Aqua-LAC - Vol. 1 - N° 2 - Sep. 2009. pp. 172-185. Consultado 8 jun. 2018. Disponible en <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/images/AquaLAC2-Sep2009-web-86-98.pdf>

Peters, J.; Wieme, V.; Boeckx, P.; Samson R.; Godoy R.; Oyarzún C.; Verhoest, N. 2005. Monitoreo Eco hidrológico En Ecosistemas Naturales Y Manejados En El Sur De Chile Revista Gayana Botánica. 62(2): 120-129, 2005 ISSN 0016-5301. Consultado 15 jun. 2019. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432005000200007>

Pradhan, B; Chaudhari, A; Adinarayana, J; Buchroithner, MF. 2012. Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a

case study at Penang Island, Malaysia. *Environ Monit Assess* 1842:715-27. Consultada el 03 set. 2018. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-011-1996-8>

Pérez, G. s.f. Hidrología. *Ciclo hidrológico.com*. Consultado el 04 jun. 2018. Disponible en <https://www.ciclohidrologico.com/hidrologia>

Peters, J.; Wieme, V.; Boeckx, P.; Samson, R.; Godoy, R.; Oyarzún, C.; Verhoest, N. 2005. Possibilities For Ecohydrological Monitoring In Natural And Managed Ecosystems In Southern Chile. *Revista Gayana Botánica*. Volumen 62. N.2 Concepción (en línea). Consultada el 19 may. 2018. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432005000200007

Ramos-Reyes, R.; Sánchez-Hernández, R.; Gama-Campillo, L. M. ANÁLISIS DE Cambios de uso del Suelo en el Municipio Costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, vol. 3, núm. 8, 2016, pp. 151-160. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México. Consultado el 29 jul. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/3586/358645282001.pdf>

Ríos, N. 3 sep. 2018. *Ciclo Hidrológico*. (mesa redonda). Cartago, Costa Rica, CATIE.

Rodríguez Barrientos, F. 2006. Cuencas Hidrográficas, Descentralización y Desarrollo Regional Participativo. *Revista de las Sedes Regionales*. vol. VII, núm. 12, 2006, pp. 113-125. Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica. Consultado el 01 sept. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>

Rojas, N. s.f. Cuenca del rio Changuinola. Consultado el 19 may. 2018. Disponible en <http://docplayer.es/9841681-Cuenca-rio-changuinola-indice-general-1-ubicacion-3.html>

Rojas Padilla, J.H.; Pérez Rincón, M.A.; Malheiros, T.F.; Madera Parra, C.A.; Prota, M.G.; Dos Santos, R. 2013. Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. Universidad del Valle-Instituto CINARA, Cali, Colombia. Consultado el 1 de sept. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/07.pdf>

Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista Académica de Colombia. Ciencias Exactas de Física Natural*. 40(155):254-274. Consultada el 11 set. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

Rosito Monzón, Juan Carlos. 2015. *Ecohidrología y servicios de regulación hidrológica en cuatro subcuencas de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) y sus aplicaciones para la gestión de recursos hídricos*. Universidad de Alicante. Consultada el 10jul. 2018. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/53266>

Rubio Arias, H. O.; Ortiz Delgado, R.C.; Quintana Martínez, R.M.; Saucedo Terán, R.A.; Ochoa Rivero, J.M.; Rey Burciaga, N.I. 2014. Índice De Calidad De Agua (Ica) En La Presa La Boquilla En Chihuahua, México. Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Consultado el 13 jul. 2018. Chihuahua, México. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>

Quintero Espinosa, I. A.; Mejía Zermeño, R. 2006. ECOHIDROLOGÍA. AMH XIX CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA CUERNAVACA, MORELOS, 2006. Programa de Maestría y Doctorado, Facultad de Ingeniería, UNAM, Campus Morelos Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. Consultado el 12 sep. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273760370_Ecohidrologia

Reverte, J. M. 2008. Historia del grupo indígena Naso Teribe de Bocas del Toro. Academia Panameña de Historia. Consultado 05 jul. 2018. Disponible en <https://burica.wordpress.com/2008/03/09/historia-del-grupo-indigena-naso-teribe-de-bocas-del-toro/>

Samaniego Rojas, N.S. 2013. Análisis de vulnerabilidad en zonas potenciales de recarga hídrica por efectos de cambios de uso de suelo y por variabilidad climática en a Microcuenca del Río Purires, Costa Rica. Consultado el 21 agosto. 2018. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4455>

Samboni Ruiz, N. E.; Carvajal Escobar, Y.; Escobar, J.C. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua indicadores de calidad y contaminación del agua Ingeniería e Investigación, vol. 27, núm. 3. pp. 172-181 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. Consultado el 26 jul. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>

Saldaña Fabela, M. del C. 2013. Ecohydrologia Fluvial. IV Seminario Internacional de Potamología. Citado el 15 abril. 2018. Disponible en http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=6898:iv-seminario-internacional-de-potamologia&catid=176:noticias-imta&Itemid=894

Soares-Filho, B.; Rodrigues, H.; Costa, W. 2009. Modelamiento de dinámica ambiental con Dinámica EGO, Centro de Sensoriamento Remoto/Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brazil.

Subramanya K. 2008. Engineering Hidrology. Tercera Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Publicado Company Limited. Consultado el 23 agosto. 2018. Disponible en https://issuu.com/mebuild/docs/engineering_hydrology_book_k_subram/118

Springer, M.; Vasquez, D.; Castro, A.; Kohlmann, B.; (EARTH). 2007. Uso del índice BMWP/CR. De calidad de agua.

Torres Beristáin, B.; González López, G.; Rustrián Portilla, E.; Houbron, E. 2013. Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Volumen 29 no.3 México. Consultada el 14 agosto. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000300001

Troll, Carl. Ecología del paisaje Gaceta Ecológica. 2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México, núm. 68. pp. 71-84. Consultada el 19 sept. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906808.pdf>

UNESCO. 1997. Ecohydrology A New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources. España. Paris. Consultado el 12 jun. 2018. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106296e.pdf>

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), 2010. La Eco-hidrología como desafío: experiencias y estudios de caso Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 23. Montevideo, Uruguay. Consultada el 04 may. 2018. Disponible en <https://docplayer.es/89503925-La-ecohidrologia-como-desafio-experiencias-y-estudios-de-caso.html>

UNESCO. Sf. Ecohydrology. Eco Historical Evolution, Advancements and Implementation Activities Historical Evolution, Advancements And As An Integrative Science From Molecular To Basin Scale. Citado el 13 may. 2018. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002455/245512e.pdf>

Unesco. Sf. Ecohidrología: mayor armonía para un mundo sostenible. Consultado el 2 may. 2018. Disponible en <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/natural-sciences/water-international-hydrological-programme/ecohidrologia/>

UNESCO, 2017. Ecohidrología: mayor armonía para un mundo sostenible. Oficina de la UNESCO en Montevideo. Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe. Consultado el 10 agosto. 2018. Disponible en <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/natural-sciences/water-ihp-lac/ecohydrology/>

Valverde Valdés, T.; Cano-Santamaría, Z. 2005. Ecología y medio ambiente. Editor: Pearson Educación, 2005230 páginas. Consultada el 03 ago. 2018 disponible en https://books.google.co.cr/books?id=oHJqJzvVdQoC&dq=ramas+de+la+ecologia&source=gbs_navlinks_s

Vicente Ferrer Alessi. 2015. Manejo integrado de cuencas hídricas: cuenca del río Gualjaina, Chubut, Argentina. Boletín. Mexicano. Derechos. Comparado. vol.48 no.143 México may./ago. 2015. Revista Scielo. Citado el 28 de mayo de 2019. Consultado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332015000200004

Villón Béjar, Máximo. 2004. Hidrología. Primera Edición. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 476 p. ISBN 978-9977-66-159-9.

Vogl, A; Tallis H.; Douglass, J.; Sharp, R.; Veiga, F.; Benítez, S.; León, J.; Game, E.; Petry, P.; João G.; Sebastián, J. 2016. Sistema de Optimización de Inversiones en Recursos (RIOS). Consultado el 20 jun. 2018. Disponible en http://data.naturalcapitalproject.org/rios_releases/RIOSGuide_Combined_May2016_Espanol.pdf

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. París, UNESCO. Consultado el 1 sept. 2018. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002441/244103s.pdf>

Zalewski, M.; G. A. Janauer; Jolankai, G. 1997. Ecohydrology: A New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources, 58 pp, International Hydrological Programme,

UNESCO, Paris. Consultado 05 may. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001062/106296e.pdf>

Zalewski, M. 2014. Ecohydrology and Hydrologic Engineering: Regulation of Hydrology-Biota Interactions for Sustainability. Consultado el 25 jun. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273022498_Ecohydrology_and_Hydrologic_Engineering_Regulation_of_Hydrology-Biota_Interactions_for_Sustainability.

Zalewski, M. 2010. Ecohydrology for compensation of Global Change. *Revista Brazilian Journal of Biology*. Vol.70 no.3 supl. Consultada el 10 agost. 2018. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400001>

13. ANEXOS

ENTREVISTAS





**COBERTURA BOScosa DE LA
MICROCUENCA**

SEDIMENTACIÓN EN LAS ORILLAS DEL RÍO

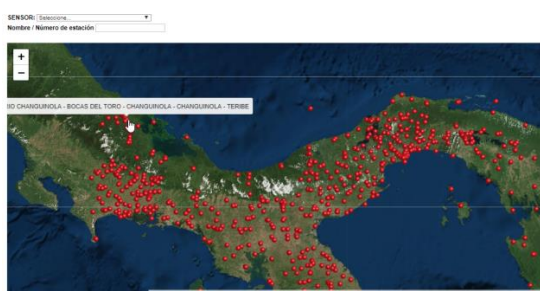
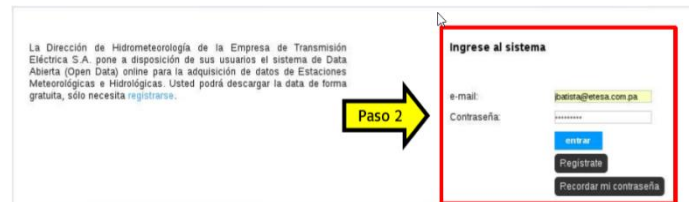




Procedimiento detallado de obtención de datos climáticos

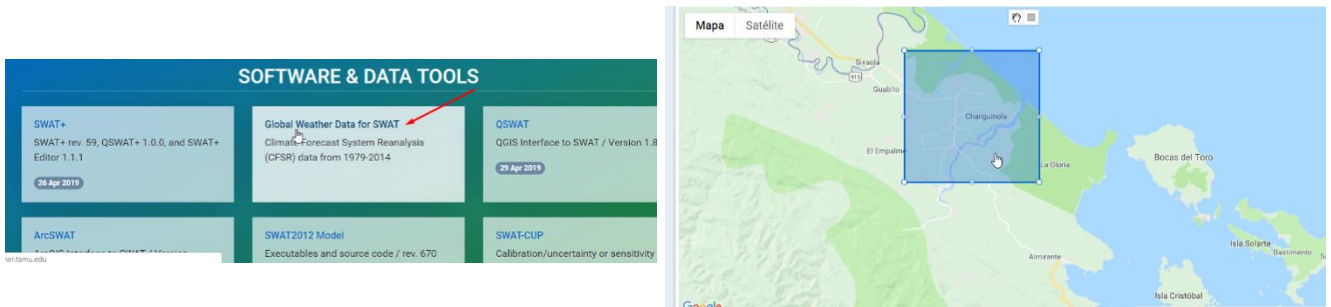
Para la obtención y verificación de datos climáticos se procedió a acceder a la página de ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.) de Panamá.

Creando primeramente la cuenta para el acceso a la pagina



Se seleccionó el punto de estudio y se procedió a seguir los pasos para la descarga, sin embargo, nuevamente los datos encontrados en esta base de datos no eran los suficientes para suministrar de información a SWAT, debido a que las tres (3) estaciones no caían exactamente en el punto de estudio, descartando de esta manera este dato.

Al no tener otras opciones en el momento se procedió a realizar las descargas de datos suministrados por la base de datos globales de SWAT.edu.tamu, tomando en consideración el área de estudio. De la siguiente manera:



Los datos que suministro SWAT fueron evaluados para corroborar que las estaciones dadas cayeran dentro del área de estudio.



CULTURA NASO



En el poblado de Changuinola, provincia panameña de Bocas del Toro, centenares de casas y calles quedaron inundadas por las lluvias. El mal tiempo no respetó la frontera. AGUA POR DOQUIER. | AFP /LA NACIÓN

INUNDACIONES DE LOS AÑOS 1970 (EVENTOS CLIMATICOS-OCACIONARON
AUMENTO DE LA SEDIMENTACION-1979 A 2000)

Hace 25 años Bocas del Toro sufrió el terremoto



Hace 25 años Bocas del Toro sufrió el impacto de un terremoto. Fotografía cortesía del Prof. Eduardo Comacho.

TERREMOTO 1991 (EVENTOS CLIMATICOS-OCACIONARON AUMENTO DE LA SEDIMENTACION-1979 A 2000)



Panamá América

ACTUALIDAD OPINIÓN ECONOMÍA VARIEDADES DEPORTES TECNOLOGÍA MULTIMEDIA IMPRESO MUJI

Nefastos efectos de las inundaciones

Carlos A. Rodríguez / - Actualizado: 21/1/00 - 12:00 am

Por cuatro días consecutivos se registró una de las inundaciones más grandes y dañinas en la provincia de Bocas del Toro.

Según testimonios, solamente es superada por la de 1970, que causó estragos en la población.

<https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/nefastos-efectos-de-las-inundaciones-32032>

ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA:

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo en cuanto a IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INCIDENCIA EN LOS PROCESOS POLITICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES en la microcuenca de la Quebrada Bonyic.

1. Migración y los jóvenes

¿Qué tanto se dio la migración de los jóvenes después de la construcción de la construcción de la hidroeléctrica?

2. Capacitación y educación

Existe capacitaciones orientadas a la conservación de los recursos naturales, ¿cuáles y cada que tiempo?

3. Cambios en la salud

¿Cambios positivos o negativos durante y después de la construcción del proyecto?
¿Cuáles y a quienes?

4. Cambios en la organización local

¿Existe organización entre los organismos nacionales e internacionales, sobre todo con la empresa, el Rey y los habitantes del área?

5. Cambios de cobertura (Deforestación)

¿Qué cambios se han dado y como se encontraba antes del proyecto hidroeléctrico?

6. Cambios de uso

¿Cuáles son los cambios de uso de suelo que mayormente se dieron?

7. Degradación de suelos / erosión

¿Cuáles cree ustedes son los factores que han degradado los suelos y por ende han dado origen a la erosión?

8. Agua / régimen hídrico

¿Cómo se encuentra el agua tanto para consumo y para actividades cotidianas de sus habitantes?

9. Económico (empleomanía)

¿Cómo se mantuvo la economía después de la construcción de la hidroeléctrica, hubo mejoría o descenso de la misma? ¿Cuáles son las actividades que traen consigo economía para la comunidad de la microcuenca de la quebrada Bonyic?

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

¿Cuáles son las actividades agrícolas o pecuarias que mayormente traen ingresos a las familias y que tanto crece el turismo en el área?

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

¿Existe ayuda e intervención de instituciones públicas y privadas que favorezcan estas necesidades básicas?

ENTREVISTAS REALIZADAS

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 31

Comunidad: Benjic

Cuantos años tiene de vivir en el lugar: 35

Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Si.

2. Capacitación y educación

Si para comunicación

3. Cambios en la salud

Si. poco.

4. Cambios en la organización local

Si (Sociedad asapito castillo).

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si.

6. Cambios de uso de la tierra

Si.

7. Degradación de suelos / erosión

Si.

8. Agua / régimen hídrico

Aududo (proyecto).

9. Económico (empleomanía)

plata yuca sustento.

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

Organización.

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

Si
No ayuda

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

menor llegada a las comunidades.

TEC

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INCIDENCIA EN LOS PROCESOS POLITICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

1. Migración y los jóvenes *Aumentado*
2. Capacitación y educación *Talleres, giras (Producción sostenible). Falta de R.H. ; pero si, metódico y didáctico. La comunidad (comité) compra de Educación Amb. x año.*
3. Cambios en la salud *apoyo de Empresa (queudo de Seguimiento) Obras.*
4. Cambios en la organización local *Solución. Rey Corregidor. Prepres e tent.*
5. Cambios de cobertura (Deforestación) *Genero Impacto (Comercialización de madera). apertura de leña*
6. Cambios de uso *Cultivo de verduras, ñampi, yuca. Plántano poco. Vanda de maníja.*
7. Degradación de suelos / erosión *Son pocos de ganadería. Cultivos de subsistencia. No poseen rayos de degradación en el suelo (no está degradado a to total)*
8. Agua / régimen hídrico *- ellos protegen las quebradas. - la empresa no se ha dado cap. de R.H. equipos y seguridad.*
9. Económico (empleomanía) *Convenio cada contratista debe tener 'x' de la atmósfera. de cumplir.*
10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola *planteado una organización*
11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad) *han mejorado. 3 Escuelas*
12. Ceras, casetas muy pocas *apenas sobre 4 luz*

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 46

Comunidad: Bonkín

Cuántos años tiene de vivir en el lugar: 46

Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Si migraron los hombres y Huj. → Extranj

2. Capacitación y educación

Mi A.H.B. (Centro de Desarrollo Sostenible Ambiental)

3. Cambios en la salud

La población no se ha logrado
Para la construcción si solo trabajadores

4. Cambios en la organización local

Si

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si hubo cambios
han mejorado mediante Ref.

6. Cambios de uso de la tierra

Si por el camino erosión.

7. Degradación de suelos / erosión

existe poco.

8. Agua / régimen hídrico

No existe acueducto.
agua de lluvia.

9. Económico (empleomanía)

Naranja, ganadería (poco) y mercado + subsist.

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

hay grupo

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

No he mejorado.

7Km para subir

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

NO existen.
ni representante.

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 64.

Comunidad: Kuis Kiu.

Cuántos años tiene de vivir en el lugar: 10 años.

Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes
Si emigrarán.
2. Capacitación y educación
Si realizan muy poco. Lo empresa.
3. Cambios en la salud
Nada.
4. Cambios en la organización local
Si.
5. Cambios de cobertura (deforestación)
poco.
6. Cambios de uso de la tierra
si afecta al proyecto.
7. Degradación de suelos / erosión
Nada.
8. Agua / régimen hídrico
Quebra la xdu her.
9. Económico (empleomanía)
platanos, yuca, ñampi, ñame, frijoles, maíz.
10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola
Si.
11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad) → cero empresa a baterías
12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales
Cero

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad:

Comunidad:

Bmyic

Cuantos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha:

6/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Si que muy notable

2. Capacitación y educación

Si, por la empresa y otras instituciones

3. Cambios en la salud

No, muy poca

4. Cambios en la organización local

Si hay más organizaciones, mayor unión

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si

6. Cambios de uso de la tierra

Si, pero la empresa ayuda a mantener y evitar la degradación del suelo por los cultivos.

7. Degradación de suelos / erosión

Si

8. Agua / régimen hídrico

Si existe mantenimiento y conservación

9. Económico (empleomanía)

Si, debido a q' existió un pacto de q' se ampliará mano de obra de los jóvenes NASU

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

Se dio mayor q' en años anteriores

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

NO

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

NO

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad:

Comunidad:

Bryce

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha:

6/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Si se dio mucho

2. Capacitación y educación

Si se da en varias ocasiones en el año

3. Cambios en la salud

NO

4. Cambios en la organización local

Si, se da mucho gracias a la cultura

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si, pero tratan de mejorar cada día sembrando lo q' destruyeron

6. Cambios de uso de la tierra

siempre se da desde años anteriores

7. Degradación de suelos / erosión

Si existe pero la comunidad trabaja para evitarla

8. Agua / régimen hídrico

Si mayor cuidado

9. Económico (empleomanía)

Si aumento considerable

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

No mucho pero mejor

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

NO

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

NO

Acuerdo 20 años

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Ignacio Asuiba

Edad: 57

Comunidad: Rancho Quemado

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha: 5/1/2019 Arriba Michela Repusa.

1. Migración y los jóvenes

Si fueron por el dinero

2. Capacitación y educación

Nada. Ni Arriba (El proyecto si brinda capacitación)

3. Cambios en la salud

NO reciben atención

4. Cambios en la organización local

Si hay unión por la tierra

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Aquello poco se ha dado poca reforestación en las orillas en los rios

6. Cambios de uso de la tierra

Si.

7. Degradación de suelos / erosión

Si

8. Agua / régimen hídrico

Seo acueducto. Ni tuberia. Quebra a tuberia para beber.

9. Económico (empleomanía)

Restricciones, complicado.

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

tubo maní, yuca, plátano, mampí. aji, culantro, maíz por temporada

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

han recibido cap. pero para el subs. pero no se dio por la empresa.

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Seo ayuda

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 14.

Comunidad: Rancho Quevedo
7/1/2019

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad:

Comunidad: Bayk

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha: 6/1/2019

1. Migración y los jóvenes

po

2. Capacitación y educación

si

3. Cambios en la salud

En veces cada 3 meses.

4. Cambios en la organización local

si

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Mucho por la gente.

6. Cambios de uso de la tierra

7. Degradación de suelos / erosión

8. Agua / régimen hídrico

Acueducto (La Empresa)

9. Económico (empleomanía)

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

ad. para subsist.

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

no me da

sola
1/1/19

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Nada nunca de desaparición de la política

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 40

Comunidad: Bonyic

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha: 5/1/2019.

1. Migración y los jóvenes

Si existio

2. Capacitación y educación

Si poca pero si dan

3. Cambios en la salud

Poca porque la comunidad no recibe siempre

4. Cambios en la organización local

Si, hay mayor organización

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si mucha def.

6. Cambios de uso de la tierra

Si. mayores act.

7. Degradación de suelos / erosión

Si. pero poca

8. Agua / régimen hídrico

Siempre se ha cuidado

9. Económico (empleo)

Si, la const. trabajos y demás del ambato

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

poco a poco

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

No existio antes alguna

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad:

Comunidad:

Bogotá

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha:

6/1/2015

1. Migración y los jóvenes

si existió

2. Capacitación y educación

si se da poca pero se da

3. Cambios en la salud

no, nada.

4. Cambios en la organización local

si siempre se mantiene

5. Cambios de cobertura (deforestación)

si, pero tratan de mantener los bosques como cultura q respeta el hábitat

6. Cambios de uso de la tierra

si mayor act.

7. Degradación de suelos / erosión

si, pero no mucho

8. Agua / régimen hídrico

la cultura siempre a tenido noción en cuidar el recurso

9. Económico (empleomanía)

si mayor

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

poco a poco

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

Muy poca es decir sigue igual

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 30

Comunidad: Bonyic

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes
Si después del proyecto sucedió mucho
2. Capacitación y educación
No se realizaron.
3. Cambios en la salud
No muy poca, antes se daba más por la construcción
4. Cambios en la organización local
Si la comunidad es unida
5. Cambios de cobertura (deforestación)
Si, poca
6. Cambios de uso de la tierra
Si, poca.
7. Degradación de suelos / erosión
Si, en algunos sectores
8. Agua / régimen hídrico
Si lo cuidan desde los ancestros
9. Económico (empleo/manía)
Si existió mucho
10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola
Si sembraron y llaman al turismo
11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)
No se dio
12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 80.

Comunidad: Borsic

Cuántos años tiene de vivir en el lugar:

Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Quedarán

2. Capacitación y educación

3. Cambios en la salud

4. Cambios en la organización local

Si

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Mucho.

6. Cambios de uso de la tierra

7. Degradación de suelos / erosión

8. Agua / régimen hídrico

Acuerdo de (La Empresa)

9. Económico (empleomanía)

Maíz, plátano, banana. Dami
~~agua~~

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

por

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

por el
pau.

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Hi Ambient

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 57

Comunidad: Rancho

Cuántos años tiene de vivir en el lugar: 57. toda su vida.

Fecha: Queredo-

5/1/2019

1. Migración y los jóvenes

Muchos En Migraron casi el 50%.

2. Capacitación y educación

Muy poco.

3. Cambios en la salud

El misa no hace visitas, solo a los trabajadores (Proyecto):

4. Cambios en la organización local

Si existe org.

5. Cambios de cobertura (deforestación)

Si existe cambio de cobertura. poco pescado. por ley.

6. Cambios de uso de la tierra

poco.

7. Degradación de suelos / erosión

poca
no existe mucha tierra orgánica.

8. Agua / régimen hídrico

No acueducto (no sirve).

~~Agua~~ ~~Agua de la~~ ~~traviesa~~ ~~de~~ ~~Quebrada~~ por tubería.

9. Económico (empleomanía)

yuca, arroz, maíz, ñampi
subsistencia

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

Si, por la feria, ha avanzado.

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

No hay agua potable. distante. ^{panel.}

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

Cero político.

Tec

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INCIDENCIA EN LOS PROCESOS POLITICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

O.R.H

1. Migración y los jóvenes

Aumento de los jóvenes.

2. Capacitación y educación; si ha mejorado

Tiempo promedio de la especie q' se han encontrado, Tecnología, etc; plan de educación ambiental; Educación: nivel primario - más o menos años.

3. Cambios en la salud: centro de salud.

Giras del misera, gracias a la carretera. (Proy. d.)

4. Cambios en la organización local: ~~comuna~~ Rey.

- Representantes.
- Corre gidos.

5. Cambios de cobertura (Deforestación)

Por parte de la comunidad por la vía de tierra.

6. Cambios de uso de la tierra

Kaiz, cruce, plátano, ñampi, chile. Subsistencia.

7. Degradación de suelos / erosión

aumento (ingreso del ganado). tumba.

8. Agua / régimen hídrico

Si lo valorizaciones (no se van hasta las quebradas) mantener los bosques de galería.

9. Económico (empleomanja) a mejorado o no.

introducir a la comunidad, cerca de la central; la empresa a generar empleos.

10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola

- gestión social: tener capital en la x grupo de persona por la empresa.

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

horario

o
Bongia

NO por el d.
por el 50 años

50 y 1 siglo.

Después de la Hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

al
facto
Villagra
platanos
camote

Edad: 1950 Comunidad: Bon Kinamika

Cuantos años tiene de vivir en el lugar: Fecha: 5/1/2019

1. Migración y los jóvenes
Si se fueron. por Estudios
2. Capacitación y educación
Hoy poco solo eran parados. engano talleres. Mini proyectos. Sostenibilidad rubros semillas capital semillas
3. Cambios en la salud
Nada
4. Cambios en la organización local
Si
5. Cambios de cobertura (deforestación)
Si de 48 personas organizados.
6. Cambios de uso de la tierra
Si
7. Degradación de suelos / erosión
Cambios
8. Agua / régimen hídrico
disminucion de muniton peps aumentaron los animales. Acueducto en verano disminuye.
9. Económico (empleomanía)
Yuca, platanos, ñame, ñame, ñame, ñame. Maiz, guand, ñampi
10. Nuevas actividades de ingresos / turismo, agrícola
Si se está organizando personerie jurídica.
11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)
Muchis
12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales
Nada

Guando Utopia

Después de la hidroeléctrica que cambios se están viendo (IMPACTOS CULTURALES Y TRADICIONALES, CAMBIOS EN LA INFLUENCIA EN LOS PROCESOS POLÍTICOS, MUNICIPALES/PROVINCIALES)

Edad: 45 años

Comunidad: Bony

Cuántos años tiene de vivir en el lugar: 11 años

Fecha: 6/1/2019

1. Migración y los jóvenes

SI / se van (La Estabilidad Económica)

2. Capacitación y educación

Capacitación (familia) de o ayudado.

3. Cambios en la salud

NO tiene que cambiar nada.

4. Cambios en la organización local

Es difícil solo.

5. Cambios de cobertura (de forestación)

Si disminuir los árboles también.

6. Cambio de uso de la tierra

NO

7. Degradación de suelos / erosión

8. Agua / régimen hídrico

Asue de Quebrada

9. Excedente (empleo/mala)

Normal, mano de obra propia y sus propios recursos propios.

10. Menores actividades de ingresos / turismo, agrícola

de la propia

11. Infraestructura (transporte, vivienda, comunicación, escuela, electricidad)

nada

12. Cambios de incidencia en procesos políticos, municipales / provinciales

POW Muy poco.

REPUBLICA DE PANAMA  GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE PANAMA		MINISTERIO DE AMBIENTE Avenida C, Zona 0843, Balboa, Ancon, Panamá Albrook, Calle Diego Domínguez, Edificio 804 www.mambiente.gob.pa		PERMISO CIENTIFICO <small>SCIENTIFIC PERMIT</small> No. SE/A-2-19 VALIDO HASTA: 01-junio-2019 <small>VALID UNTIL:</small>	
				FAUNA / FLORA / HONGOS / BACTERIAS OTROS ORGANISMOS FAUNA	
INVESTIGADOR RESPONSABLE <small>MAIN RESEARCHER</small> Thayne Caballero		IDENTIFICATION ID 1-720-1887		COLECTA OBSERVACION <small>COLLECT OBSERVATION</small> MARCADO OTROS <small>MARKING OTHERS</small>	
ASISTENTE (S) <small>ASSISTANT (S)</small> María Martínez José Rodríguez		IDENTIFICATION ID 8-841-372 1-716-933		ESPECIAL Observación	
INSTITUCION QUE RESPALDA LA INVESTIGACION <small>INSTITUTE SUPPORTING THE RESEARCH</small> Empresa Hidroecológica del Teribe, S.A.					
TITULO DEL PROYECTO <small>Project Title</small> Análisis de la situación eco-hidrológica y su contribución al diseño de estrategia de manejo y gestión integral del recurso hídrico en la microcuenca del río Bonyic, subcuenca del río.			LUGAR DEL ESTUDIO <small>STUDY</small> Bocas del Toro, Changuinola, Teribe. Bonyic, la micro-cuenca del río Bonyic se encuentra dentro de los límites del Bosque Protector Palo seco y la zona de amortiguamiento del Parque Internacional La Amistad, área protegida compartida con Costa Rica. No incluye áreas que no cuentan con Consentimiento Libre Informado Previo autorizado por el Ministerio de Ambiente.		
OBJETIVO <small>OBJECTIVE</small> Analizar la situación Eco-hidrológica con la finalidad de formular estrategias y recomendaciones que permitan un manejo y gestión sostenible de la microcuenca del río Bonyic.					
SOLICITUD NPM43-18					
NOMBRE COMÚN <small>COMMON NAME</small>		NOMBRE CIENTIFICO <small>SCIENTIFIC NAME</small>		CANTIDAD <small>QUANTITY</small>	
DESCRIPCIÓN <small>DESCRIPTION</small>					
Efinera		Ephemeroptera		-36-	
		Plecoptera		-5-	
Libélulas		Odonata		-10-	
Escarabajos		Coleoptera		-35-	
Cráneos		Neuroptera		-7-	
Cigarras, chinches		Homiptera		-5-	
Mariposas, polillas		Trichoptera		-23-	
Mariposas diurnas (befingas)		Lepidoptera		-4-	
Moscas, mosquitos		Diptera		-2-	
DURACION DEL ESTUDIO <small>TIME OF STUDY</small> 01-diciembre-2018 Hasta 01-junio-2019					
ESTE PERMISO ES EMITIDO POR: <small>THIS PERMIT IS ISSUED BY:</small> Dirección de Áreas Protegidas y Biodiversidad FECHA: 04-enero-2019		 MI AMBIENTE PATRICIA HERNÁNDEZ Directora de Áreas Protegidas y Biodiversidad			
 Fecha de por Thayne Caballero		 Fecha de por José Rodríguez		 FIRMA RESPONSABLE Y SELLO	
TODO INVESTIGADOR DEBE: 1. REPORTARSE A LA REGIÓN CORRESPONDIENTE ANTES DE INICIAR SU TRABAJO; 2. PORTAR EN TODO MOMENTO EL PERMISO CORRESPONDIENTE; 3. ENVIAR INFORME DE COLECTA AL MINISTERIO DE AMBIENTE; 4. ENTREGAR MUESTRAS DE CADA ESPECIE A LA UNIVERSIDAD DE PANAMA; 5. ENVIAR AL MINISTERIO DE AMBIENTE, A MAS TARDAR UN AÑO, AVANCE O INFORME FINAL DEL ESTUDIO, CON RESUMEN EN ESPAÑOL DE LO CONTRARIO NO SE LE OTORGARA OTRO PERMISO.					
<small>EVERY RESEARCHER MUST: 1. REPORT TO THE NEAREST ENVIRONMENTAL OF MINISTRY OFFICE BEFORE START WORKING; 2. CARRY THE PERMIT AT ALL TIMES; 3. BRING A REPORT OF COLLECTED MATERIAL TO ENVIRONMENTAL OF MINISTRY; 4. BRING SAMPLES OF REPRESENTATIVE MATERIAL TO THE UNIVERSITY OF PANAMA; 5. SEND AN INTERMEDIATE OR FINAL REPORT TO ENVIRONMENTAL OF MINISTRY WITHIN A YEAR, WITH A SPANISH SUMMARY. NO NEW PERMITS WILL BE ISSUED TO THOSE WHO DO NOT COMPLY WITH THESE REGULATIONS.</small>					