

Universidad Nacional de Ciencias Forestales
UNACIFOR

Escuela de Ciencias Forestales



**PLANIFICACIÓN HÍDRICA CONSIDERANDO DIFERENTES
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MICROCUENCA
BELLA VISTA, CHINACLA, LA PAZ**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Ciencias Forestales
para optar al título de:

INGENIERO EN CIENCIAS FORESTALES

Por

KENETH WILFREDO WAINWRIGHT NICOLAS

Siguatepeque, Comayagua, Honduras C.A

ABRIL, 2023

Universidad Nacional de Ciencias Forestales
UNACIFOR



**PLANIFICACIÓN HÍDRICA CONSIDERANDO DIFERENTES
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MICROCUENCA
BELLA VISTA, CHINACLA, LA PAZ**

Tesis de Grado

Por: **KENETH WILFREDO WAINWRIGHT NICOLAS**

Como requisito previo para optar al título:

INGENIERO EN CIENCIAS FORESTALES

MSc. Nelson Mejía
Asesor Técnico

Aprobado por:

MSc. Elí Raudales
Asesor Metodológico

MSc. Oscar Leveron
Director de Escuela



Siguatepeque, Comayagua, Honduras C.A

ABRIL, 2023

Universidad Nacional de Ciencias Forestales
UNACIFOR

PLANIFICACIÓN HÍDRICA CONSIDERANDO DIFERENTES
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MICROCUENCA
BELLA VISTA, CHINACLA, LA PAZ

Tesis de Grado

Por: KENETH WILFREDO WAINWRIGHT NICOLAS

Miembros integrantes de la Terna Evaluadora:



MSc. Nelson Mejía
Asesor Técnico



MSc. Elí Raudales
Asesor Metodológico



MSc. Rolando Meza
Representante de la Comisión de Tesis

AUTORIZACIÓN

El autor, Keneth Wilfredo Wainwright Nicolas cede a la UNACIFOR los derechos patrimoniales sobre esta obra en la medida necesaria para sus actividades habituales en la época de creación, incluyendo su potencial publicación del artículo científico en la Revista el TATASCAN, lo que implica, igualmente, la autorización para su divulgación con fines académicos. Es entendido que la publicación o copiado de esta tesis para ganancia económica no es permitido sin el permiso por escrito del tesista y del investigador que proporcionó la idea original del tema MSc. Nelson Geovanny Mejía Pineda, Docente Investigador de la UNACIFOR.



Keneth Wilfredo Wainwright Nicolas

Nombre y firma del estudiante

Siguatepeque, Comayagua, 17 de febrero de 2023

Lugar y fecha

RESUMEN

Se desarrolló una planificación hídrica considerando diferentes escenarios de cambio climático en la microcuenca Bella Vista, que comprende las comunidades de Las Pilas, Nuevo Paraíso y Llano Largo, situadas en municipio de Chinacla, departamento de La Paz.

Mediante el uso de la plataforma en línea Agua de Honduras, se determinó el balance hídrico de la microcuenca con base a la oferta y la demanda hídrica. La demanda se determinó de acuerdo al uso doméstico, agrícola e institucional. Se estimó la oferta hídrica en función de los escenarios climáticos RCP 2.6 (2030 y 2050) y RCP 8.5 (2030 y 2050). Se sostuvo una reunión con la Junta de Agua de la comunidad de Las Pilas para discutir el planteamiento de estrategias que permitan el manejo adecuado del recurso.

La oferta hídrica anual aportada es de 2,624.55 l/s (2.62455 m³). La demanda hídrica para uso doméstico se estimó en 0.002 m³, para uso agrícola en 0.003814 m³, y en uso institucional en 0.000097 m³. De acuerdo al escenario RCP 2.6, la oferta anual sufrirá una disminución de hasta 11.3% (0.01593 m³); de acuerdo al escenario RCP 8.5 la oferta anual sufrirá una disminución de hasta 12.39% (0.03606 m³). Como principales estrategias se plantearon las siguientes: racionalización del recurso, sensibilización de la población y la reducción de pérdidas. Con estas acciones se pretende mejorar la gestión del recurso hídrico.

Palabras clave: Cuenca, Clima, Hidrología, RCP, Agua

ABSTRACT

Water planning was developed considering different climate change scenarios in the Bella Vista micro-watershed, which includes the communities of Las Pilas, Nuevo Paraíso and Llano Largo, located in the municipality of Chinacla, department of La Paz.

Using the Agua de Honduras online platform, the water balance of the micro-watershed was determined based on water supply and demand. Demand was determined according to domestic, agricultural and institutional use. Water supply was estimated based on climate scenarios RCP 2.6 (2030 and 2050) and RCP 8.5 (2030 and 2050). A meeting was held with the Water Board of the Las Pilas community to discuss strategies for the adequate management of the resource.

The annual water supply is 2,624.55 l/s (2.62455 m³). Water demand for domestic use was estimated at 0.002 m³, for agricultural use at 0.003814 m³, and for institutional use at 0.000097 m³. According to the RCP 2.6 scenario, the annual supply will suffer a decrease of up to 11.3% (0.01593 m³); according to the RCP 8.5 scenario, the annual supply will suffer a decrease of up to 12.39% (0.03606 m³). The following strategies were proposed as the main ones: resource rationalization, public awareness, and loss reduction. These actions are intended to improve water resource management.

Keywords: Basin, Climate, Hydrology, RCP, Water.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme cada día bendiciones, sabiduría y fortaleza de cumplir cada una de las metas y objetivos hasta el momento.

A mi madre Telma Nicolas, por ser mi mayor admiración, mejor amiga, por brindarme cada día su apoyo incondicional en todos los momentos importantes de mi carrera y en todo el transcurso de mi vida.

A mi hermana Alexa Nicolas, por ser quien me fortalece a seguir y lograr cada una de las metas propuestas.

A mi padre Felix Wainwright, que de una u otra forma siempre me han brindado su apoyo.

A toda mi familia, que de una u otra forma siempre me han brindado su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la bendición y oportunidad de culminar este trayecto, meta, objetivo tan importante para mí y para mi familia.

A mis amigas Gabriela García, Raquel Reyes, Riccy Alvarado y amigos Abner Perdomo, Matías Girón, Miguel Pérez, Luis Fuentes, Arlin Espinal, por brindarme su apoyo incondicional en todo el trayecto de mi vida universitaria.

A mi amiga Soany Ortiz, por brindarme su apoyo incomparable en cada aspecto que comprendió el trayecto de mi vida universitaria, así como mi vida en general, por ser una persona que siempre estuvo presente en cada momento importante.

A mi novia por brindarme su apoyo incondicional en el trayecto de mi vida universitaria.

A mis asesores M.Sc. Nelson Mejía y M.Sc. Eli Raudales, por sus valiosos aportes académicos en el proceso de elaboración y cumplimiento de esta investigación, así como la elaboración del documento correspondiente.

Al M.Sc. Nelson Arriaga por brindarme su apoyo en la investigación en ámbitos de campo y redacción de documentos. Así mismo a su equipo de CIAT por permitirme realizar esta investigación con ellos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS	x
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Enunciado del problema.....	2
1.3 Objetivos de investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación.....	5
CAPÍTULO II	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Marco teórico.....	6
2.2. Cuenca Hidrográfica.....	8
2.2.1. Cuencas Hidrográficas en Honduras	8
2.2.2. Partes de una Cuenca	9
2.2.3. Clasificación según su tamaño	10
2.3. El Agua.....	11
2.4. Agua Potable.....	11
2.5. Usos del Agua	12
2.5.1. Uso agrícola.....	12
2.5.2. Uso para abastecimiento público	12
2.5.3. Uso en industria autoabastecida.....	13
2.5.4. Uso en termoeléctricas	13
2.6. Balance Hídrico	13

2.7. Oferta Hídrica	14
2.7.1. Oferta Hídrica Superficial Total	14
2.7.2. Oferta Hídrica Superficial Neta	15
2.8. Demanda Hídrica	15
2.8.1. Demanda Hídrica Total	15
2.8.2. Demanda Doméstica Potencial.....	16
2.9. Cambio Climático	16
2.9.1. Impactos del Cambio climático sobre el recurso hídrico	16
2.9.2. Escenarios de Cambio Climático	18
CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo de estudio.....	21
3.2. Diseño de la investigación.....	21
3.3. Alcance de la investigación	21
3.4. Hipótesis	22
3.5. Descripción del área de estudio	22
3.6. Trabajo de campo	24
3.6.1. Determinación del balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz.....	24
3.6.2. Evaluación de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros	25
3.6.3. Estimación de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático	26
3.6.4. Planteamiento de estrategias para el manejo adecuado del recurso hídrico	27
3.7. Procedimientos de oficina y laboratorio.....	27
3.7.1. Determinación del balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz.....	27
3.7.2. Evaluación de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros	28
3.7.3. Estimación de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático.	28

3.7.4. Planteamiento de estrategias para el manejo adecuado del recurso hídrico	29
3.8. Procedimientos estadísticos.....	30
CAPÍTULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Resultados	31
4.1.1. Resultado de balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz	31
4.1.2. Resultado de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros en la microcuenca	32
4.1.3. Resultado de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático	34
4.1.4. Resultado del planteamiento de estrategias que permitan el manejo adecuado de los recursos hídricos en la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz considerando diferentes escenarios de cambio climático	38
4.2 Discusión.....	41
CAPÍTULO V.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
4.3. Conclusiones.....	47
4.4. Recomendaciones.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de la microcuenca	23
Tabla 2. Parámetros Morfométricos de la microcuenca	24
Tabla 3. Balance Hídrico de la microcuenca Bella Vista	31
Tabla 4. Oferta Hídrica según RCP 8.5 (2030)	34
Tabla 5. Oferta Hídrica según RCP 8.5 (2050)	34
Tabla 6. Oferta Hídrica según RCP 2.6 (2030)	36
Tabla 7. Oferta Hídrica según RCP 2.6 (2050)	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio del área de estudio	23
Figura 2. Gráfico sobre Demanda de Agua Mensual por uso	33
Figura 3. Gráfico sobre Demanda de Agua Anual por Uso.....	33
Figura 4. Gráfico escenario climático RCP (2030 y 2050)	35
Figura 5. Gráfico escenario climático RCP2.6 (2030 y 2050)	37

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Demanda de agua para uso doméstico	56
Anexo 2. Demanda de agua para uso agrícola.....	56
Anexo 3. Demanda de agua para uso institucional.....	56
Anexo 4. Escenarios climáticos al 2030	56
Anexo 5. Escenarios climáticos al 2050	57
Anexo 6. Gráfico Comparativo escenarios aplicados	57
Anexo 7. Mapa de Ubicación Hidrológica de Microcuenca Bella Vista	58
Anexo 8. Mapa de Uso de suelo de microcuenca Bella Vista.....	58
Anexo 9. Mapa de cobertura municipal	59
Anexo 10. Zona bajo amenaza en parte alta de microcuenca Bella Vista	59
Anexo 11. Nacimiento de agua destinado a uso agrícola.....	60
Anexo 12. Pecera en zona media-alta de la microcuenca Bella Vista	60
Anexo 13. Reunión con integrantes de Junta de Agua Las Pilas	61
Anexo 14. Reunión con Máster. Nelson Arriaga.....	61
Anexo 16. Representación de Plantilla Excel completada	62
Anexo 15. Llenado de Plantilla Excel.....	62

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1 Introducción

El territorio hondureño debido a su relieve montañoso cuenta con una numerosa red hídrica compuesta por 25 cuencas, 133 subcuencas y un total de 6,845 microcuencas (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2021). Las microcuencas tienen una enorme importancia por su aporte directo a satisfacer las necesidades de agua para consumo humano a poblaciones rurales y urbanas, entre otros servicios que ofrece (USAID, 2018).

El propósito es encontrar un balance para beneficio tanto de los habitantes como de la biodiversidad asociada a la cuenca hidrográfica (GOV.CO, 2022). Así (Rodríguez, 2016) menciona que la planificación del recurso hídrico no varía, por lo tanto, se requiere información climatológica, hidrológica y de calidad del agua, integrada en el contexto de la perspectiva del análisis en una cuenca hidrográfica.

Se establecerá una estrategia de planificación hídrica una vez determinado el balance hídrico, usos que se estén empleando al agua, oferta hídrica con la aplicación de escenarios de cambio climático RCP, que serán de ayuda para la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo. Todo esto se realizará con la implementación de la plataforma Aguas de Honduras, cuya ha jugado un rol muy importante en la implementación de algunas leyes nacionales como la Ley General de Agua, el Plan de Nación y Visión de País y el Plan de Agua, Bosques y Suelos (Agua de HONDURAS, 2022).

1.2 Enunciado del problema

Según IPCC (2014) el agua es la sustancia fundamental con la función básica de mantener la integridad del entorno natural y determinante en el desarrollo socioeconómico, viéndose afectada a escala mundial por las actividades humanas, que desencadenan una serie de afectaciones para los sistemas humanos y naturales. La evaluación de los impactos sobre los diferentes sistemas, permite identificar el cambio de los patrones de riesgos y los beneficios potenciales debido al cambio climático, lo que permitiría tomar medidas para reducir los impactos y riesgos asociados, mediante acciones de adaptación y mitigación (Sotomayor, 2020).

Desde tiempos remotos siempre se ha asociado al término de desarrollo socioeconómico la cercanía de las urbes a los cuerpos de agua superficiales, lo que se traduce en términos de disponibilidad del recurso hídrico para la gente. Sin embargo, se desconoce que, a través de dicha interacción, se genera un estrés en los espacios naturales debido al aumento de demanda de servicios ecosistémicos, en especial el caudal para abastecimiento de agua para consumo: humano, y usos agrícolas e industriales.

Según UNESCO (1982) para una correcta evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos en una región y su variabilidad espacial y temporal, los balances hídricos de la cuenca a nivel regional constituyen instrumentos valiosos tanto desde el punto de vista teórico como práctico. De esta forma, el balance hídrico

es un instrumento que permite evaluar el almacenamiento de aguas superficiales y subterráneas, así como realizar un estudio del régimen hidrológico, permitiendo mejorar la explotación y protección de los recursos hídricos de forma adecuada y sin sobrecargar el sistema (Costa, 2019).

En este contexto (Martínez & Patiño, 2012) señalan que los efectos del cambio climático sobre las redes hidrológicas también dependerán de las zonas de captación de lluvia, escurrimiento e infiltración, la morfología y topología del cauce principal. Así como, el almacenamiento y disponibilidad de agua, la demanda de usuarios directos e indirectos, las redes de drenaje, las presas de almacenamiento y los ecosistemas existentes.

La microcuenca Bella Vista ha carecido de escenarios de participación en la toma de decisiones mediante proyecciones establecidas y que se ven enmarcadas a largo plazo con respecto a la planificación hídrica y escenarios de cambio climático (RCP), escenarios de importancia con respecto al uso y el manejo del agua, esto para poder identificar errores y formular recomendaciones que estén enmarcadas en procesos participativos, ya que estos pueden dar lugar a soluciones comunitarias que sean sostenibles.

Por lo tanto, planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Se realizará una Planificación Hídrica idónea con la aplicación de los escenarios de Cambio Climático?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una estrategia de planificación hídrica considerando diferentes escenarios de cambio climático en la Microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz.
2. Evaluar la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros en la microcuenca.
3. Estimar la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático.
4. Plantear estrategias que permitan el manejo adecuado de los recursos hídricos en la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz considerando diferentes escenarios de cambio climático.

1.4 Justificación

Existe la necesidad de generar información que ayude a planificar y administrar los recursos hídricos. Por lo tanto, se debe mejorar la planificación y gestión de los recursos hídricos en el occidente de Honduras mediante el fortalecimiento de las capacidades de los actores locales y nacionales para el uso de las herramientas y la información contenida en la plataforma Agua de Honduras y su aplicación en los procesos de toma de decisiones (MiAmbiente+, 2018).

La presente investigación se enfocará en establecer una estrategia para la Planificación Hídrica de la microcuenca Bella Vista, ya que, debido a los cambios que han ocurrido en los últimos, se estima que la cantidad ofertada de agua ha variado con base a los usos que se han implementado para la misma. Por lo cual, es necesario realizar un levantamiento y recopilación de información referente a la cantidad y calidad de agua que provee. Así mismo, una vez procesada dicha información, se realizarán proyecciones mediante escenarios climáticos, denominados por sus abreviaturas RCP, donde, con ellos se podrá realizar proyecciones para la toma de decisiones ya sea a largo, corto y mediano plazo con base a la oferta hídrica. Todo esto será de utilidad para las juntas de agua que integran la microcuenca, y para la nueva plataforma diseñada por el Gobierno de Honduras a través de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con la financiación de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en Honduras, denominada Agua de Honduras.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

Se han desarrollado alternativas de manejo de cuencas hidrográficas que pueden asegurar beneficios óptimos de adaptación al cambio climático bajo diferentes escenarios climáticos. Los escenarios climáticos se desarrollaron utilizando la media del conjunto multimodelo corregida estadísticamente y los escenarios de emisión RCP 4.5 y RCP 8.5. El impacto hidrológico del cambio climático se evaluó utilizando un modelo de herramienta de evaluación de suelos y agua (SWAT) calibrado y validado con múltiples indicadores.

Las alternativas de gestión de cuencas hidrográficas se priorizaron utilizando un análisis de decisiones de criterios múltiples que inter comparó los criterios y las alternativas de gestión de cuencas hidrográficas a través del Proceso de Jerarquía Analítica. Los hallazgos mostraron una disminución constante de las precipitaciones, la escorrentía superficial y el rendimiento total de agua en todos los escenarios climáticos y escenarios de impacto climático. Las estructuras de captación de agua fueron las alternativas de gestión de cuencas más prioritarias para reducir los impactos del cambio climático.

Más de la mitad de las cuencas hidrográficas de la subcuenca Jemma son altamente y óptimamente aptas para la recolección de agua in situ en escenarios climáticos futuros y de referencia. Las terrazas observadas y las estructuras

anticipadas de recolección de agua in situ redujeron significativamente ($p < 0.05$) la escorrentía superficial y, por lo tanto, aumentaron significativamente el agua del suelo en los escenarios climáticos de referencia y futuros. Sin embargo, las estructuras de captación de agua tanto in situ como ex situ provocaron un cambio insignificante en el rendimiento total de agua en los escenarios climáticos.

Todos los escenarios climáticos futuros presentaron una disminución de la escorrentía superficial, pero en diferente magnitud. Habrá una reducción máxima de la escorrentía superficial (-65 %) en el escenario climático RCP8.5 (2021-2050), seguido del escenario climático RCP4.5 (2021-2050), para el cual se estimó una reducción del -63 % en la escorrentía superficial. En los escenarios climáticos a largo plazo (2071–2100 bajo RCP4.5 y 8.5), se proyecta una menor reducción de la escorrentía superficial, atribuida principalmente a las mayores precipitaciones proyectadas en los escenarios climáticos a largo plazo que en los escenarios a corto plazo (Gebrekidan, 2020).

Según (MiAmbiente+, 2018) los escenarios para la región, el cambio climático afectará la disponibilidad de agua dulce en cantidad y calidad para los diferentes usos; consecuentemente, la ACC efectiva deberá procurar la gestión integrada y comunitaria de los recursos hídricos. Este eje tiene una alta interrelación con los demás ejes estratégicos del PNA. Debido a que en la Ley VPPN se divide el país por las principales cuencas hidrográficas, se le da una alta importancia al manejo integral de cuencas, subcuencas y microcuencas.

2.2. Cuenca Hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son territorios definidos naturalmente donde todos los procesos socio ecológicos están íntimamente ligados entre sí. En ellas, el manejo se entiende como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones mediante la participación organizada e informada de la población. Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que concluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca (Ríos, 2013).

2.2.1. Cuencas Hidrográficas en Honduras

El territorio hondureño está dividido en 2 grandes vertientes, está conformado por 25 cuencas hidrográficas mayores de las cuales 14 desembocan en el Océano Atlántico y 5 en el Océano Pacífico, que descargan en un año normal un promedio de 92,813 millones de metros cúbicos (m³) de precipitación, proporcionando aproximadamente 1,524 m³/segundo. Por otra parte, se reconocen 2 cuencas más que las conforman las islas del Pacífico y las islas del Atlántico que tienen una condición hidrológica diferenciada considerándose como cuencas independientes para un total de 21 cuencas.

En la actualidad, Mi Ambiente a través de la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) y financiado por el Fondo de Adaptación mediante la actualización del Balance Hídrico Nacional, ha elaborado un mapa con una nueva

delimitación administrativa de las cuencas desde el punto de vista económico, con el propósito de establecer zonas para la planificación estratégica en este ámbito, dividiendo las áreas de algunas cuencas específicamente en la zona norte, el cual incrementa a 25 el número de cuencas, sin tomar en cuenta las islas de la Bahía y los Cayos del Pacífico, lo cual haría un total de 27 cuencas. Sin embargo, esta propuesta, aún se encuentra en discusión y no ha sido oficializada (Guillén, 2016).

2.2.2. Partes de una Cuenca

(Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2022) enlista y define las partes de una cuenca de la siguiente manera:

2.2.2.1. Parte Alta

Es aquella área donde se suscita el nacimiento de agua, el cual se desplazará sobre una superficie de grandes proporciones. En esta área es poseedora de una gran capacidad para generar erosión. Esta área se ubica en las áreas montañosas como también en las cabeceras de los cerros.

2.2.2.2. Parte Media

En esta área se genera un equilibrio entre el material sólido, el cuál es atraído por la fuerza de la corriente y el material que sale. La erosión y sedimentos realizan labores de manera simultánea pero no en el mismo lugar ni durante el mismo tiempo.

2.2.2.3. Parte Baja

Es el área de la cuenca, donde se deposita el material extraído de las zonas altas. Tal proceso de almacenamiento se ejecuta dentro del denominado cono de deyección o en las llanuras aluviales.

2.2.3. Clasificación según su tamaño

2.2.3.1. Subcuenca

Es una porción propia del territorio de una cuenca principal, que comprende un territorio delimitado, con varios cuerpos de agua y que contiene un tributario o afluente que directamente vierte al cauce principal (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) et al., 2017).

Una subcuenca es toda área en la que su drenaje va a directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. En una cuenca puede haber varias subcuencas. Generalmente las subcuencas se encuentran en el orden de 4 a 5 y con extensiones de 100 a 700 km² o mayores.

2.2.3.2. Microcuenca

Es una porción propia del territorio de una subcuenca específica, que comprende un territorio delimitado con sus cuerpos de agua que corresponden y que vierten invariablemente a un tributario, sub tributario o sub tributarios del cauce principal (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) et al., 2017).

Las microcuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. También las microcuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo. Las microcuencas pueden ser de orden 1 a 3 con una extensión entre 10 a 100 km².

2.3. El Agua

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta, se la encuentra en océanos, lagos, ríos, en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible, un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos, tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Cirelli, 2012).

2.4. Agua Potable

El agua potable es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente o usarse para lavar y/o preparar alimentos sin riesgo alguno para la salud. El agua es sumamente abundante en nuestro planeta, sin embargo, el agua potable no es tan abundante en el planeta, a pesar de que existen mecanismos de potabilización inventados por el hombre, pues de la

calidad del agua de una comunidad o nación depende, en gran medida, su salud pública (concepto, 2022).

2.5. Usos del Agua

Según (CEDRSSA, 2014) define el agua como el elemento agua es clave en la reproducción del ser humano y de su entorno, tanto para el abastecimiento de líquidos de consumo, para el aseo personal, como en el desarrollo de sus actividades económica, por lo cual, determinar los usos del agua de la siguiente manera.

2.5.1. Uso agrícola

Se le denomina uso agrícola aun cuando comprende toda la cadena productiva agropecuaria, pesquera, silvícola y forestal, el uso consuntivo del sector considera los volúmenes de agua que se evapora del suelo, el agua que transpiran las plantas, el agua que constituye el tejido de las plantas, las pérdidas en la conducción de riego, la ingesta animal, los reemplazos de la acuacultura, etc.

En el uso agropecuario si la disponibilidad es baja y el manejo del agua es deficiente por pérdidas, se vuelve imperativo emprender programas de uso eficiente y de tecnificación para un mayor y mejor aprovechamiento del agua.

2.5.2. Uso para abastecimiento público

El uso para abastecimiento público incluye la totalidad del agua entregada a través de las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos

(domicilios), así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes.

2.5.3. Uso en industria autoabastecida

En este rubro, se incluye la industria que toma su agua directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Los principales giros industriales son los que corresponden a la industria química y la producción de azúcar, petróleo, celulosa, papel, alimentos y bebidas. De manera más reciente tenemos los grandes consumos de agua en la industria minera

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar. La mayor parte, después de su uso, se elimina devolviéndole nuevamente a la naturaleza.

2.5.4. Uso en termoeléctricas

El agua incluida en este rubro se refiere a la utilizada en centrales de vapor, duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbo gas y de combustión interna.

2.6. Balance Hídrico

El balance de agua o hídrico de una cuenca hidrográfica, al igual que un balance financiero, es esencialmente una comparación contrastada de la oferta y la demanda de agua en un periodo de tiempo. La estimación y análisis del balance hídrico de una cuenca es clave para la comprensión del funcionamiento biofísico,

determinado por el ciclo hidrológico del territorio de la cuenca objeto de ordenamiento territorial, y sus resultados son relevantes para conocer lo más objetivamente posible la disponibilidad de agua para los múltiples usos del territorio en función del agua disponible (CEPAL, 2013).

En este contexto Raymond, B. Menciona que, en términos simples, un balance hidrológico positivo resulta cuando no hay suficiente energía disponible para evaporar la precipitación que cae sobre la cuenca.

2.7. Oferta Hídrica

(Miraflores, 2012) menciona que la oferta hídrica de una cuenca corresponde al volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma. El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca.

2.7.1. Oferta Hídrica Superficial Total

Corresponde al volumen total de agua que fluye por la fuente abastecedora después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de

evapotranspiración e infiltración del sistema suelo-cobertura vegetal (Díaz L. &, 2018).

2.7.2. Oferta Hídrica Superficial Neta

Volumen de agua que ofrece la fuente hídrica (en millones de metros cúbicos, Mm^3), que resulta después de aplicar los factores de reducción por fuentes frágiles y de reducción por régimen de estiaje (Díaz L. &, 2018).

2.8. Demanda Hídrica

Según (CORPOCHIVOR, 2022) la evaluación de la demanda hídrica tiene como propósito determinar la proporción y la distribución del agua en relación con las condiciones sociales, económicas y ambientales de una zona determinada. El aprovechamiento del recurso implica conocer el consumo que los diferentes sectores domésticos y productivos realizan en relación con el medio natural donde existe disponibilidad de agua.

2.8.1. Demanda Hídrica Total

Compuesta por la suma de los volúmenes de agua utilizada para los diferentes usos presentes en cada una de las microcuencas que hacen parte de este estudio, la demanda hídrica total representa la presión total ejercida sobre la oferta del recurso.

2.8.2. Demanda Doméstica Potencial

La demanda doméstica de agua es el suministro mínimo requerido para satisfacer las necesidades básicas de una población, el consumo básico de agua por un habitante inicia con la determinación del nivel de complejidad que se refiere al grado de importancia que tiene una población con relación al número de habitantes de su centro poblacional y el clima de la zona determinado a partir de la altitud del municipio.

2.9. Cambio Climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1, define el “cambio climático” como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables.

En ese mismo orden, el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en su informe de Desarrollo Humano (2007-2008) establece que el cambio climático es el problema que determina el desarrollo humano en nuestra generación, este minará los esfuerzos que se emprenden en el ámbito internacional con el fin de combatir la pobreza (Díaz G. , 2012).

2.9.1. Impactos del Cambio climático sobre el recurso hídrico

El agua es el medio a través del cual la sociedad percibe muchos de los impactos de la crisis climática; entre otras cosas, debido a los diversos riesgos que supone

para los sectores de la energía, la agricultura, la salud y el transporte. Estos sectores están condicionados por interacciones con factores no climáticos como el crecimiento de la población, la migración, el desarrollo económico, la urbanización, y los cambios ambientales y geomórficos naturales o derivados del uso de la tierra que ponen en peligro la sostenibilidad de los recursos porque disminuyen el suministro de agua o aumentan su demanda (ONU, 2019).

2.9.1.1. Impactos sobre la cantidad de agua

La incidencia creciente de los fenómenos meteorológicos extremos puede agravar la exposición de las personas a aguas contaminadas. El cambio climático repercute de forma negativa en la disponibilidad y la calidad del agua potable y en el desempeño de los servicios de saneamiento, aguas residuales e higiene. Por lo tanto, es esencial que la infraestructura y los servicios relacionados con el agua, el saneamiento y la higiene estén adaptados para que sean sostenibles, seguros y resilientes ante los riesgos relacionados con el clima (ONU, 2019).

2.9.1.2. Impactos sobre la calidad de agua

El cambio climático afecta negativamente a los ecosistemas de agua dulce puesto que altera los flujos fluviales y la calidad del agua, poniendo en riesgo la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional. El origen de los riesgos se encuentra en el aumento de las temperaturas; el aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; la mayor concentración de contaminantes durante las sequías y la interrupción del

funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (ONU, 2019).

2.9.2. Escenarios de Cambio Climático

Son una descripción estimable sobre cómo puede desarrollarse el futuro. Esta descripción se basa en un conjunto de variables y supuestos sobre fuerzas y relaciones de cambio claves, que pueden originar un convincente posible estado futuro del mundo. Son la mejor forma que tiene la ciencia para, a partir de la información histórica y la generación de modelos físicos, matemáticos, estadísticos y/o geográficos, aproximarse al posible comportamiento que las variables climáticas tendrán en el futuro.

De acuerdo con el IPCC, ahora el Cambio Climático se evalúa a partir de cuatro escenarios diferentes (RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5), donde el comportamiento de la temperatura y la precipitación, depende del forzamiento radiativo impuesto por la concentración esperada de GEI en las diferentes épocas de evaluación (red de desarrollo sostenible, 2015).

2.9.2.1. Escenarios RCP

Son los que proveen un rango de emisión y concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que permite la exploración de posibles climas futuros de una forma más amplia que las utilizadas en el pasado. Los cuatro escenarios no son pronósticos, sino condiciones posibles para el futuro según una gama de posibilidades descritas en diferentes investigaciones. El RCP8.5 es considerado

como de altas tasas de emisiones de GEI. Los escenarios RCP6.0 y RCP4.5 pueden ser considerados como escenarios de mitigación mediana, en tanto que el de RCP2.6 puede ser considerado como el grado más bajo de emisiones (CIIFEN, 2021).

(Wayne, 2013) menciona que los escenarios RCP implementados a la evaluación del cambio climático son:

➤ **RCP 8.5**

Fue desarrollado usando el modelo MESSAGE y la Evaluación Integrada de IIASA Marco del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA), Austria. Este RCP es caracterizado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo, representativa de escenarios en la literatura que conducen a altos niveles de concentración de gases de efecto invernadero.

➤ **RCP 6.0**

Fue desarrollado por el equipo de modelado AIM en el National Institute for Environmental Studies (NIES) en Japón. Es un escenario de estabilización en el que el forzamiento radiativo total se estabiliza poco después 2100, sin rebasamiento, mediante la aplicación de una gama de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

➤ **RCP 4.5**

Fue desarrollado por el equipo de modelado GCAM en el Pacific Northwest National Laboratory's Joint Global Change Research Institute (JGCRI) del laboratorio en los Estados Unidos. Es una estabilización, escenario en el que el forzamiento radiativo total se estabiliza poco después de 2100, sin rebasar el nivel objetivo de forzamiento radiativo a largo plazo.

➤ **RCP 2.6**

Fue desarrollado por el equipo de modelado IMAGE de PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. La ruta de emisión es representativa de escenarios en la literatura que conducen a niveles muy bajos de concentración de gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

Se considera que la investigación presenta un enfoque mixto, por el hecho de indagar en el enfoque descriptivo y cuantitativo. Implica la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos, obteniendo como producto el entendimiento de un fenómeno bajo estudio. Tal es el caso de esta investigación, se obtuvo información referente al agua de acuerdo a los usos en los que se está implementando, así como en las áreas beneficiadas por el recurso que la microcuenca provee. Partiendo de lo anterior, se tomaron y recopilamos datos cuantitativos para la obtención del Balance Hídrico que aporta la microcuenca y estimación de la oferta hídrica.

3.2. Diseño de la investigación

El tipo de diseño implementado en dicha investigación es un Diseño no experimental, ya que no existe la manipulación de una o más variables, sino que es una manipulación deliberada, y solo se observa los fenómenos en su ambiente natural.

3.3. Alcance de la investigación

El alcance del estudio fue un estudio descriptivo, ya que se describieron los hechos como son observados. Se expresa el fenómeno del cambio climático sobre

el recurso hídrico en la microcuenca bella vista. Donde finalmente, se aplicaron los escenarios climáticos denominados RCP, para la obtención de proyección/estimaciones sobre la oferta hídrica en función de su uso.

3.4. Hipótesis

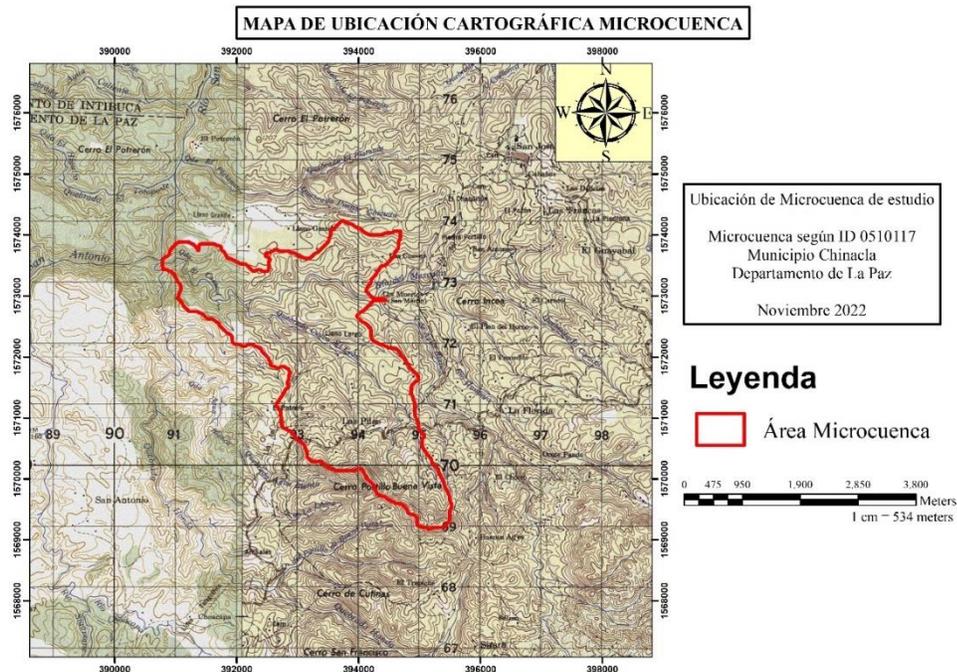
$H_1=$ Se presentarán disminuciones significativas en la oferta hídrica aportada por la microcuenca con base al uso del recurso y los escenarios de cambio climático aplicados.

$H_2=$ No se presentarán disminuciones significativas en la oferta hídrica aportada por la microcuenca con base al uso del recurso y los escenarios de cambio climático aplicados.

3.5. Descripción del área de estudio

La Microcuenca se encuentra situada en el departamento de La Paz, perteneciente a la Cuenca del Río Ulúa, Subcuenca Grade de Otoro Jaitique Posee una extensión territorial de 1,010.37 has. Es una microcuenca que abarca extensión de los municipios de Chinacla y pequeña porción del municipio de San José. Hasta el momento, no cuenta con información referente a la oferta hídrica que puede proveer.

Figura 1. Sitio del área de estudio



Nota: Fuente Propia

Tabla 1. Caracterización de la microcuenca

Característica	Mínimo	Promedio	Máximo
Elevación(m)	985.36	1,201.93	1,658.61
Pendiente (%)	0.28	24.17	117.91
Arena (%)	26.57	26.57	26.57
Limo (%)	17.90	32.08	37.28
Arcilla (%)	28.25	34.62	50.61
Materia Orgánica (%)	3.33	5.28	9.65
Número de curva (I, II, III)	63.13	80.00	91.48

Fuente: Propia obtenida a partir de datos provenientes de plataforma Agua de Honduras

Tabla 2. *Parámetros Morfométricos de la microcuenca*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	A	Ha	1,010.37
Perímetro	P	Km	19.45
Longitud del cauce	L	Km	6.98
Coefficiente de compacidad	Kc	-	1.73
Diferencia de elevación	DE	M	673.25
Altura máxima	HM	M	1,658.61
Altura mínima	Hm	M	985.36
Densidad de drenaje	Dd	m/m ²	1.34E-3
Factor de forma	Kf	-	0.21

Fuente: Propia obtenida a partir de datos provenientes de plataforma Agua de Honduras.

3.6. Trabajo de campo

3.6.1. Determinación del balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz

3.6.1.1. Exploración de plataforma

Entrando a la plataforma Agua de Honduras, se indagó en la sección que corresponde al Sistema de apoyo a la Planificación Hídrica Local, en ella, nos aparecerán los componentes que se requieren obtener para determinar el balance hídrico que aporta la microcuenca.

3.6.1.2. Selección de la microcuenca a estudiar

Teniendo conocimiento acerca del área de estudio, se buscó en el mapa de la plataforma el área de estudio, donde, una vez seleccionada ya sea por el ID o búsqueda manual, nos mostrará datos de importancia respecto a la microcuenca tales como Cuenca a que pertenece, Subcuenca, Área, Evapotranspiración

mensual y anual, Precipitación efectiva mensual y anual, Evapotranspiración potencial mensual y anual, Percolación mensual y anual, Precipitación mensual y anual, Escorrentía mensual y anual, Humedad suelo mensual y anual, Temperatura y Temperatura máxima mensual y anual, entre otros datos relevantes.

3.6.1.3. Determinación del balance hídrico

Se requirió la obtención de la demanda hídrica mensual que presenta la microcuenca en función del uso del recurso, es decir, mediante el recorrido por la microcuenca, verificar y registrar los usos que se emplean en los diferentes cuerpos de agua que se encuentran dentro de la delimitación de la microcuenca, ya sea aguas arriba o abajo.

3.6.2. Evaluación de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros

3.6.2.1. Descarga de plantillas a trabajar

Es importante, en la sección de demanda hídrica de la plataforma, descargar la plantilla de Excel que se maneja para la plataforma. Con esta, nos dará una guía de la información que se requirió obtener en campo mediante recorridos programados con el integrante de CIAT.

3.6.2.2. Identificación de cuerpos de agua

En el recorrido de campo, se requirió transitar en su totalidad la microcuenca de estudio, con la finalidad de identificar en cada cuerpo de agua que se integra en

la delimitación, si se están empleando el uso del recurso ya sea con fines de producción, consumo, entre otros.

3.6.2.3. Recolección de datos por uso

Partiendo de lo anterior, y tomando como referencia la plantilla Excel, así como la identificación de los cuerpos de agua cuyos se están empleados un uso, se inicia a la recopilación de la información requerida para cada uso, así mismo, se recurre a la visita de los hogares que se encuentran cerca de los cuerpos de agua, para la consulta respecto a si tienen conocimiento sobre si se está empleando un uso del recurso con un fin definido (producción de hortalizas, producción de plantas en vivero, ganadería, producción de aves, entre otros).

3.6.3. Estimación de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático

Para este objetivo, en campo se requirió solamente la obtención de información hidrográfica, por el hecho, que, con la información recopilada para el cumplimiento del primer y segundo objetivo, nos servirá para el cumplimiento de este, el resto del trabajo será empleado por la plataforma Agua de Honduras, en otros términos, este objetivo requiere solamente de trabajo en oficina.

3.6.4. Planteamiento de estrategias para el manejo adecuado del recurso hídrico

3.6.4.1. Ejecución de una Reunión

Con base a la información obtenida en el recorrido en campo, así como la identificación de amenazas que estén afectando el área que comprende la microcuenca, así como las acciones que realizan las personas el día a día respecto a labores. Se procede a realizar un planteamiento de estrategias que sean de beneficio no solo a las personas que están involucradas en la microcuenca, también al área o masa boscosa.

3.7. Procedimientos de oficina y laboratorio

3.7.1. Determinación del balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz

Finalizado el levantamiento de información en campo, con la implementación de la plataforma Agua de Honduras, se obtuvo el balance hídrico de la microcuenca mediante la representación de las gráficas y tabla de atributos donde detalla cada aspecto de la microcuenca. La plataforma antes mencionada, para poder realizar dicha tarea (determinar el balance hídrico) realiza la resta entre las variables de la oferta hídrica (l/s) con la demanda hídrica (l/s), lo que resulta la diferenciación entre ambas variables. Sin embargo, para lograr en su totalidad y con precisión el balance hídrico, la plataforma emplea variables de precipitación y temperatura.

3.7.2. Evaluación de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros

Con la información recopilada en campo mediante el recorrido que se hizo, así como consultas y reuniones con personas que habitan dentro de la microcuenca, se procedió al llenado de la plantilla de Excel con el representante del equipo de CIAT, realizando esta actividad mediante la verificación y ordenamiento de la información, para así, ser incorporada a las diferentes secciones que se detallan en la plantilla. Finalmente, se subió la plantilla ya completada a la plataforma, donde, inmediatamente reflejo los datos requeridos para el cumplimiento no solo de este objetivo, sino de los demás.

3.7.3. Estimación de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático.

Con la plantilla que se subió a la plataforma, nos fue de utilidad para este objetivo. En la sección correspondiente en la plataforma a los Escenarios, nos dio la posibilidad de poder interactuar con diferentes escenarios al momento de ser aplicados, tomando como variable el balance hídrico, sin embargo, se realizó una excepción a ser empleados en función de la oferta hídrica para el cumplimiento de este objetivo. Finalmente, con la aplicación de los escenarios climáticos (RCP 8.5 (2030), RCP 8.5 (2050), RCP 2.6 (2030), RCP 2.6 (2050)) se determinó si se obtendrá un aumento o disminución en la oferta hídrica que aporta la microcuenca. Así mismo, estos resultados permitirán a las personas analizar y observar los posibles sucesos y así lograr una adecuada toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

3.7.4. Planteamiento de estrategias para el manejo adecuado del recurso hídrico

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cumplimiento de los objetivos anteriores, se analizó y enlisto las estrategias a implementar en función del alcance de los organismos involucrados en la microcuenca, así como las demás personas. Así mismo, se pretende informar sobre la situación actual de la microcuenca y lo que puede llegar a ocurrir mediante los datos reflejados con la implementación de los escenarios climáticos. Así mismo, la determinación de estrategias válidas para el manejo adecuado del recurso hídrico.

3.8. Procedimientos estadísticos

El análisis estadístico se realizó con la implementación de las herramientas que la plataforma Agua de Honduras proporciona. Esto, principalmente para la lectura de las diferentes gráficas utilizadas para la representación de resultados. Con dichas gráficas, se pueden realizar lecturas de acuerdo a la necesidad, uso u objetivo que deseamos obtener.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1. Resultado de balance hídrico de la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz

De acuerdo a (Heras, 2023) la ecuación del balance hídrico para cualquier zona o cuenca natural, indica los valores de entrada y salida de flujo. Por lo tanto, partiendo de lo mencionado, el balance hídrico que presenta la microcuenca Bella Vista es el siguiente.

Tabla 3. Balance Hídrico de la microcuenca Bella Vista

Microcuenca			
Mes	Oferta Hídrica (m ³)	Demanda Hídrica (m ³)	Balance Hídrico (m ³)
Enero	0.11859	0.00635	0.11224
Febrero	0.08377	0.00696	0.07681
Marzo	0.05921	0.00834	0.05087
Abril	0.05028	0.00819	0.04210
Mayo	0.14098	0.00683	0.13415
Junio	0.27128	0.00587	0.26541
Julio	0.245.68	0.00662	0.23907
Agosto	0.29105	0.00648	0.28458
Septiembre	0.46582	0.00537	0.46045
Octubre	0.45682	0.00523	0.45159
Noviembre	0.263.59	0.00248	0.26111
Diciembre	0.17748	0.00248	0.175

Fuente: Propia a partir de datos provenientes de Plataforma Agua de Honduras.

Por lo tanto, de acuerdo al Balance Hídrico mensual que aporta la microcuenca, se determinó que el Balance Hídrico promedio anual es de 0.21278 m³.

4.1.2. Resultado de la disponibilidad de agua para uso doméstico, agrícola y otros en la microcuenca

La disponibilidad de agua de acuerdo a los usos en que se está empleando en la microcuenca, tomando en conjunto todos los cuerpos de agua que entran en la delimitación asignada por la plataforma Agua de Honduras, se obtuvieron las siguientes cifras con base a los parámetros establecidos por cada uso. Por lo tanto, la cantidad de agua disponible es la siguiente:

Uso Doméstico.

Para el uso doméstico, se tomó en consideración el N° de viviendas abastecidas, N° de personas por vivienda (Promedio según INE), Población abastecida y la Dotación por persona, se obtuvo que la cantidad de agua para este uso es de 2.022 l/s anualmente.

Uso Agrícola.

Para la determinación de la cantidad del recurso con base a este uso, se tomaron factores como tipo de uso agrícola y unidad de área. Por lo cual, entre todos los sistemas de agua que se registraron en la microcuenca, la cantidad de agua para este uso es de 3.451 l/s anualmente.

Uso Ganadería y otros

Para este uso se emplearon los mismos factores del uso agrícola. Dicho esto, se concluyó que la cantidad de agua para Ganadería es de 0.362 l/s anualmente.

Uso Institucional.

Dentro de la microcuenca, mediante el recorrido realizado por mi persona y el Máster. Nelson Arriaga (CIAT), se registró la cantidad de 1 institución que se abastece del recurso, por lo tanto, la cantidad de agua para este uso es de 0.097 l/s anualmente.

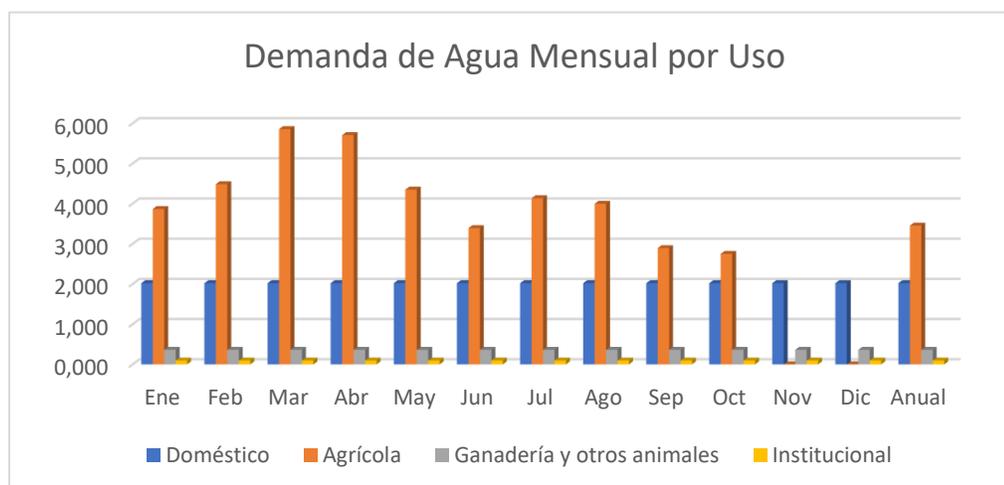


Figura 2. Gráfico sobre Demanda de Agua Mensual por uso

Nota: Fuente Propia

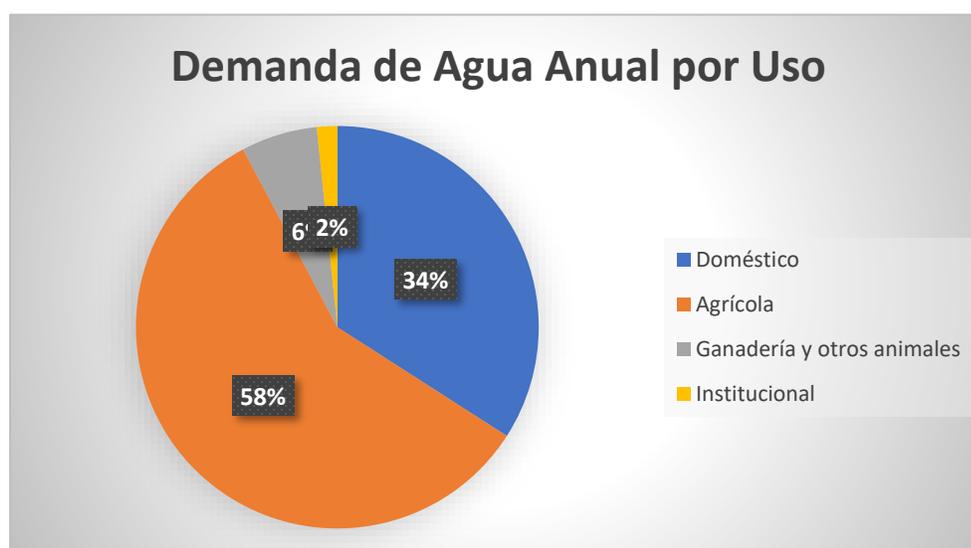


Figura 3. Gráfico sobre Demanda de Agua Anual por Uso

Nota: Fuente Propia

4.1.3. Resultado de la oferta hídrica aportada por la microcuenca considerando diferentes escenarios de cambio climático

En el Quinto Informe IPCC se definieron 4 escenarios de emisión denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Sin embargo, la plataforma Agua de Honduras emplea solamente 2 de 4 existentes, cuyos son RCP 8.5 y RCP 2.6. Por lo tanto, las estimaciones reflejadas de la oferta hídrica en función de la aplicación de los escenarios de Cambio Climático son los siguientes:

Tabla 4. Oferta Hídrica según RCP 8.5 (2030)

Mes	Línea Base	RCP 8.5 (2030)	Oferta Hídrica (m ³)
Enero	0.11859	0.11404	-0.00455
Febrero	0.08377	0.08008	-0.00369
Marzo	0.05921	0.05765	-0.00155
Abril	0.05028	0.04948	-0.00080
Mayo	0.14098	0.14344	-0.00246
Junio	0.27128	0.26318	-0.00810
Julio	0.245.68	0.22542	-0.02026
Agosto	0.29105	0.25499	-0.03606
Septiembre	0.46582	0.44097	-0.02485
Octubre	0.45682	0.44419	-0.01263
Noviembre	0.263.59	0.25437	-0.00922
Diciembre	0.17748	0.17224	-0.00523

Fuente: Propia a partir de datos provenientes de Plataforma Agua de Honduras.

Tabla 5. Oferta Hídrica según RCP 8.5 (2050)

Mes	Línea Base	RCP 8.5 (2050)	Oferta Hídrica (m ³)
Enero	0.11859	0.11503	-0.00355
Febrero	0.08377	0.08071	-0.00306
Marzo	0.05921	0.05805	-0.00116

Abril	0.05028	0.05074	-0.00046
Mayo	0.14098	0.14827	-0.00729
Junio	0.27128	0.26446	-0.00682
Julio	0.245.68	0.22791	-0.01778
Agosto	0.29105	0.25898	-0.03207
Septiembre	0.46582	0.44451	-0.02131
Octubre	0.45682	0.44666	-0.01016
Noviembre	0.263.59	0.25645	-0.00714
Diciembre	0.17748	0.17265	-0.00482

Fuente: Propia, a partir de datos provenientes de Plataforma Agua de Honduras

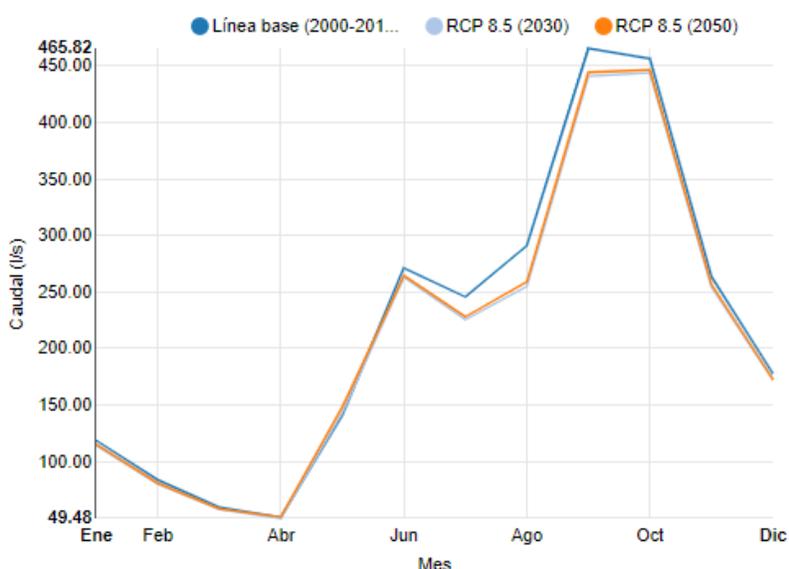


Figura 4. Gráfico escenario climático RCP (2030 y 2050)

Fuente: Obtenida de Plataforma Agua de Honduras

De acuerdo a la (**Figura 4.**), para el 2030 se esperarían reducciones significativas de hasta 0.03636 m^3 del recurso que aporta la microcuenca. Por otra parte, para el 2050 esperaríamos reducciones significativas no tan siniestras, a pesar de ello, la máxima que se espera es de 0.03207 m^3 , siendo el punto crítico entre los meses

de Julio a Septiembre. Siendo este un escenario con altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como la cobertura comprendida de acuerdo a uso de suelo en la microcuenca, se esperaría mayores reducciones si se disminuye la cobertura boscosa y aumenta las actividades agrícolas (avance de agricultura migratoria).

Tabla 6. Oferta Hídrica según RCP 2.6 (2030)

Mes	Línea Base	RCP 2.6 (2030)	Oferta Hídrica (m ³)
Enero	0.11859	0.12096	0.00238
Febrero	0.08377	0.08422	0.00044
Marzo	0.05921	0.05977	0.00056
Abril	0.05028	0.05769	0.00741
Mayo	0.14098	0.15417	0.01320
Junio	0.27128	0.26772	-0.00356
Julio	0.245.68	0.23593	-0.00976
Agosto	0.29105	0.27617	-0.01488
Septiembre	0.46582	0.45448	-0.01134
Octubre	0.45682	0.46427	0.00745
Noviembre	0.263.59	0.26743	0.00384
Diciembre	0.17748	0.18016	0.00268

Fuente: Propia a partir de datos provenientes de Plataforma Agua de Honduras

Tabla 7. Oferta Hídrica según RCP 2.6 (2050)

Mes	Línea Base	RCP 2.6 (2050)	Oferta Hídrica (m ³)
Enero	0.11859	0.12310	0.00451
Febrero	0.08377	0.08568	0.00191
Marzo	0.05921	0.06104	0.00183
Abril	0.05028	0.05824	0.00796
Mayo	0.14098	0.15691	0.01593
Junio	0.27128	0.27243	0.00115
Julio	0.245.68	0.23912	-0.00656
Agosto	0.29105	0.27943	-0.01162

Septiembre	0.46582	0.45679	-0.00903
Octubre	0.45682	0.46929	0.01247
Noviembre	0.263.59	0.27033	0.00674
Diciembre	0.17748	0.18431	0.00683

Fuente: Propia a partir de datos provenientes de Plataforma Agua de Honduras

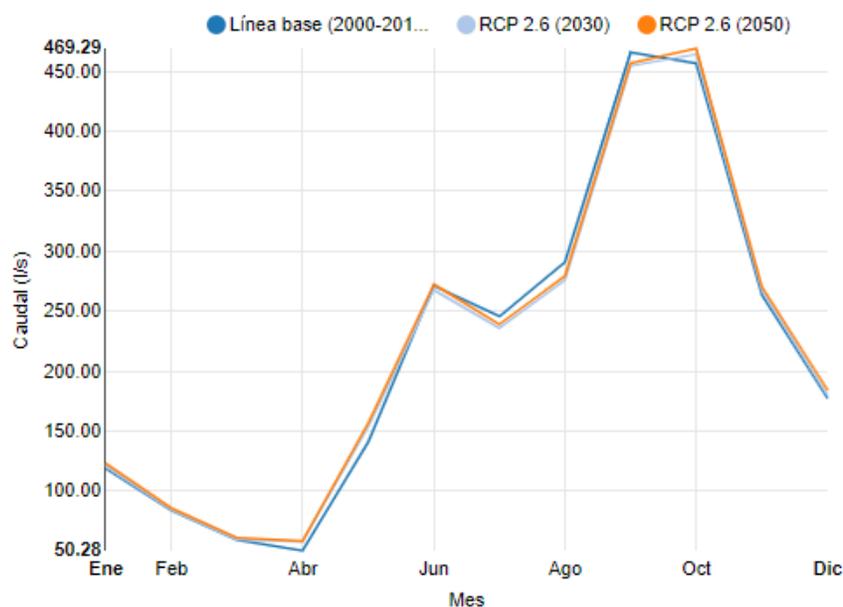


Figura 5. Gráfico escenario climático RCP2.6 (2030 y 2050)

Fuente: Obtenida de Plataforma Agua de Honduras

De acuerdo a la (**Figura 5**), para el 2030 reducciones significativas de hasta 0.01488 m^3 específicamente en el mes de agosto. Para el 2050, se esperarían reducciones de hasta 0.01162 m^3 en el mes de agosto, siendo este el año con la menor cantidad de reducciones, dicha cantidad se ve reflejada por el hecho que este escenario se conduce a esfuerzos de mitigación con un nivel de forzamiento muy bajo. A pesar de ello, siempre se debe considerar que las reducciones del

recurso podrían aumentar si no se lleva un manejo adecuado del recurso y la conservación de áreas boscosas.

4.1.4. Resultado del planteamiento de estrategias que permitan el manejo adecuado de los recursos hídricos en la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz considerando diferentes escenarios de cambio climático

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, así como los datos obtenidos a partir de la plataforma Agua de Honduras, considerando en alcance de las propuestas que se presentaron y avalaron en función de los usos que se están empleando al recurso hídrico son las siguientes:

Uso Doméstico

Aumentar el uso eficiente del recurso hídrico y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua destinada a este uso para hacer frente al aumento en la cantidad ofertada del recurso destinado al mismo. Esto realizado principalmente por la Junta de Agua que administra este recurso, mediante la priorización del recurso, así como el manejo eficiente del mismo.

Conformar un comité incorporado por la Junta de Agua, Patronado y otras organizaciones involucradas en la zona, para lograr el manejo adecuado del recurso mediante la implementación de planes de protección y conservación en las áreas de cobertura boscosa que se presentan en la microcuenca.

Establecer mecanismos de participación comunitaria como cabildos abiertos, talleres comunales, jornadas ambientales que oriente a poder identificar las potencialidades de su entorno, así como la identificación de la problemática ambiental actual que se presenta en la microcuencas, logrando que contribuya a la toma conjunta de decisiones respecto al uso de sus recursos y a la implementación de acciones consensuadas.

Realizar el manejo, control y restauración (Reforestación) en las áreas degradadas de la microcuenca, principalmente en las zonas que se concentre en la parte alta de la microcuenca, haciendo esto mediante

Uso Agrícola

Implementar la cooperación por parte de la Alcaldía Municipal para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua con el motivo de poder tener una mayor incidencia en el manejo adecuado del recurso hídrico. Logrando que la cantidad del recurso demandado para abastecer este uso sea menor en comparativa a la actual.

Incorporar la agricultura de conservación destinando a poder ayudar a reducir la necesidad de agua para el riego, es decir, la siembra directa, cultivo de cobertura y la rotación de cultivos que permitan mejorar la retención de agua en el suelo.

Realizar la moción de poder implementar cambios en función de los métodos empleados del tipo de riego para cada una de las actividades agrícolas. Siendo así, implementar el riego por goteo para poder lograr que se presente un equilibrio

en la cantidad del recurso empleada por este uso, así como una reducción respecto al agua total destinada para el mismo.

Realizar monitoreos por parte de las organizaciones involucradas mediante registros que permitan determinar e identificar las áreas donde se pueda mejorar la eficiencia del recurso y establecer metas que permiten lograr una reducción en la cantidad de consumo de este uso.

Uso en ganadería y otros

Construir sistemas de recolección de agua para lograr de manera eficiente un manejo adecuado del recurso, haciendo que cada una de las personas que tengan animales pueda construir e implementar bebederos que permitan controlar la cantidad de agua que es destinada para este uso, haciendo que se pueda tener un mayor control y evitar que el agua se desperdicie.

Uso institucional

Realizar capacitaciones a los estudiantes del instituto por parte de las organizaciones vinculadas en el manejo del recurso con el fin de crear conciencia sobre la importancia del manejo adecuado del agua y así presentar métodos que conlleven a la conservación del agua en su día a día.

4.2 Discusión

Bosch and Hewlett (1982), estudiaron cuencas de un amplio rango de superficies, definiendo que, en la estimación de balances hídricos, la escala no constituye un problema importante, por lo que es posible emplear resultados de experiencias de manejo realizadas en cuencas de unas pocas hectáreas y extrapolarlos a otras de mayores dimensiones. En cambio, aspectos de las cuencas como el relieve, las características del suelo, la vegetación y la constitución geológica, tienen una marcada influencia en la capacidad de almacenamiento y en la generación de flujos de agua a la atmósfera y a las vías de drenaje. Los principales componentes del balance hídrico se determinaron a partir de la selección del modelo de las llamadas "Ecuaciones Diferenciadas" de Lvovitch (1959), cuya ecuación (1) fundamental se expresa a continuación (González 1988) (SciELO, 2015):

$$P = Q + EA + \Delta S$$

donde: P= precipitación, Q= escurrimiento, E_A = evapotranspiración real, ΔS = cambios en el almacenamiento de agua (suelo, vegetación, aguas subterráneas, lagos naturales y artificiales, etc.).

Así mismo, (Cajamarca, 2017) menciona en su investigación que el balance hídrico, como el propio nombre lo sugiere, es el balance de agua para un determinado lugar. En hidrología, el balance se refiere a la cuantificación de las entradas y salidas de agua de un sistema. La definición de balance hídrico se puede relacionar como un balance financiero, ya que ambas están encaminadas

a encontrar un equilibrio, por lo que, las precipitaciones (ingresos) debe igualar los procesos de evapotranspiración y flujo superficial (gastos). En los casos en que los ingresos superen los gastos se tendría una reserva, que no sería nada más que agua almacenada en el suelo, durante un intervalo de tiempo

Partiendo de lo anterior, el balance hídrico de la microcuenca Bella Vista se determinó partiendo de las diferencias entre las entradas y salidas del recurso, específicamente de la siguiente manera:

$$\text{Balance hídrico} = \text{Oferta hídrica} - \text{Demanda hídrica}$$

Describiendo la oferta hídrica como la cantidad de agua que es producida por la microcuenca en función de su cobertura y precipitación. La demanda descrita como la cantidad de agua que ha sido utilizada en los diversos usos que se puede emplear el recurso.

La gestión de los recursos hídricos con fines de uso múltiple tiene como finalidad minimizar conflictos por el uso del agua. La aparición de conflictos por el uso del agua es inevitable a corto, mediano y largo plazo. Surgen entre regiones de un país, entre sectores usuarios y entre usuarios de un mismo sector, tanto por tener acceso a volúmenes de agua, a lugares de disponibilidad, a calidad de agua y a tiempos de ocurrencia. La gestión debe orientarse a maximizar en forma equilibrada, los beneficios sociales (equidad), económicos (crecimiento económico), y ambientales (sustentabilidad ambiental), que se puedan obtener con el aprovechamiento del agua, así como a controlar los fenómenos y efectos

adversos asociados con los usos del agua, con el fin de proteger al hombre y el ambiente que lo sustenta (Rojas, 2018). (Zapata, 2021) menciona que resulta eficiente y eficaz identificar los factores naturales y antrópicos que intervienen en la variación de la disponibilidad del agua, mediante la opinión y la percepción comunitaria, ya que son las personas que habitan en la zona aledaña o que vive geográficamente en la ribera del río las que cuentan con la información sobre los problemas ambientales debido a que tienen una relación de proximidad con los recursos naturales, y porque son los habitantes quienes los usan de manera permanente como es el agua, ya que está presente en su vida cotidiana.

Lo que resultó, que la mayor concentración de uso del recurso en la microcuenca fuera respecto a uso agrícola, por el hecho que sus sitios de almacenamiento y distribución son aledaños a los cuerpos de agua (ríos). Por otra parte, la variación del recurso resulta también para el abastecimiento de las comunidades, integrando en esto hogares beneficiados e instituciones que se encuentran presentes en la zona.

De acuerdo a (MADS, 2018) la oferta hídrica se divide entre la Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) y la Oferta Hídrica Total Disponible (OHTD). La OHTS considera todo el volumen de escorrentía superficial que discurre naturalmente por la cuenca, mientras que, la OHTD toma en cuenta que se debe mantener en los ríos la cantidad suficiente de agua que permita garantizar la conservación de los ecosistemas de la cuenca y así, poder estimar la cantidad de agua que realmente se tiene para uso antropogénico. Así mismo, (Romero, 2018) afirma

que la evaluación del impacto potencial del cambio climático en el ciclo hidrológico es uno de los principales temas de investigación en la comunidad hidrológica. El procedimiento a escala de cuenca hidrográfica consiste en implementar modelos de lluvia-escorrentía forzados con escenarios climáticos regionales re-escalados de modelos de clima global para evaluar el impacto del cambio climático sobre la oferta hídrica. Sin embargo, debido a la complejidad y alta no linealidad de los procesos, se presentan muchas fuentes de incertidumbre. Por ejemplo, el desconocimiento de las futuras emisiones de GEI, la simplificación de los modelos de circulación global, métodos de re-escalado y la estructura del modelo hidrológico.

Por otra parte, (Del Moral, L. & Herrera, T., 2015) quienes argumentan que el suponer que la disponibilidad hídrica futura será igual a la actual es poco confiable en las condiciones de un mundo cambiante. Esta afirmación trae por lo menos dos desafíos para los gestores del agua: Primero, implementar metodologías de evaluación de estrategias de gestión basadas en escenarios; y segundo, proponer estrategias de adaptación que mitiguen los efectos potenciales del cambio climático. En este sentido, una de las ventajas de los modelos hidrológicos es la exploración de las consecuencias de distintas condiciones y alternativas de gestión hídrica.

Sin embargo, la disponibilidad hídrica futura, de acuerdo a los escenarios climáticos establecidos por el IPCC, podría ocurrir reducciones significativas en la disponibilidad del recurso, de acuerdo a las emisiones de gases de efecto

invernadero y cambios de uso de suelo. Así mismo, estas reducciones podrían reflejarse en el aumento de la demanda de agua y la oferta sigue siendo la misma, debido a fenómenos de variabilidad y cambio climática. A pesar de ello, se podrían mantener igual si se logra la conservación de las áreas o masas boscosas y hacemos un manejo adecuado del recurso en función de lo usos que se está empleando.

La planificación del recurso hídrico es la base para el aprovechamiento de cualquier fuente de agua, por lo tanto, la implementación de herramientas es fundamental en el desarrollo de la gestión de este recurso, puesto que permiten estudiar, caracterizar y contemplar las diferentes alternativas, tanto de uso como de manejo actual y futuro. Una de las herramientas para la toma de decisiones y a la que muchas veces se le ha restado importancia, es el ordenamiento de cuencas hidrográficas, cuyo enfoque sistémico es un instrumento útil para la planificación de proyectos estratégicos en cada territorio (López, 2014).

En dicho estudio se plantearon distintas alternativas para su aprovechamiento, ahorro y uso. Mediante el uso del software SIAM, que consiste en la aplicación de los diferentes métodos de análisis multiobjetivo que permite calificar cada alternativa (Perpiñan, 2013)

Para mitigar los problemas relacionados con el recurso hídrico algunas organizaciones a nivel mundial como UNESCO, WWF y ONU, han desarrollado estrategias de manejo sostenible del recurso, adaptadas a las características de cada región puesto que no todas las cuencas tienen el mismo comportamiento. El

manejo adecuado de cuencas favorece a las poblaciones aledañas con el suministro de agua, bienes y servicios ambientales que estas prestan (Mafla, 2016).

Así mismo, las estrategias que se plantearon y dieron validez fueron en función de los resultados reflejados en el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación, así como el alcance, disposición y disponibilidad por parte de las personas que se abastecen del recurso en la microcuenca. Por lo tanto, entre las que se plantearon fue la racionalización del recurso, así como la conservación de la parte alta y media de la microcuenca, inhibiendo el avance de la agricultura migratoria mediante supervisiones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3. Conclusiones

El Balance Hídrico proporcionado presentó cifras significativas con base a la oferta y demanda hídrica que aporta la microcuenca.

La cantidad de agua disponible para abastecer diversas necesidades cuyo es empleado en la microcuenca por los habitantes, resultó ser de 5.933 l/s. Dicha cifra significativa podría tener alteraciones, dependiendo del aumento o disminución de los beneficiarios, así como la implementación de nuevas formas de darle uso al recurso.

La implementación de los escenarios de cambio climático (RCP) con estimaciones a 2030 y 2050, nos refleja que pueden ocurrir disminuciones significativas en la oferta hídrica aportada por la microcuenca. Sin embargo, esta disminución depende en totalidad del escenario a aplicar, tal es el caso del RCP 8.5 cuyo presenta más disminución en la cantidad del recurso, por el hecho de ser un escenario que se basa en aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por otra parte, tomando en consideración el RCP 2.6 en comparativa al anterior, la disminución es mínima ya que se considera un escenario de mitigación, pero con un nivel de forzamiento muy bajo.

Las estrategias planteadas para el manejo adecuado del recurso hídrico se aprobaron en función de los resultados obtenidos.

En el marco del cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, se logró dar validez de las herramientas empleadas para el análisis del recurso hídrico de una determinada microcuenca que provee la plataforma Agua de Honduras.

Esta investigación proporcionó a la Junta de Agua de la comunidad de Las Pilas apoyo en la planeación de futuras estrategias a implementar para mantener o aumentar la cantidad de agua para uso doméstico, así como la ejecución de posibles proyectos que beneficien a los beneficiarios en el marco del aumento en la cantidad de agua por persona.

4.4. Recomendaciones

Se recomienda diseñar más estrategias que puedan beneficiar a las comunidades respecto al manejo adecuado del recurso hídrico, en función de las estimaciones que dan los escenarios de cambio climático.

Implementar micromedidores a cada vivienda que se abastezca del recurso que provee la microcuenca, para poder obtener una cifra más precisa de la cantidad de agua que se emplea para uso doméstico en función de la que provee la microcuenca.

Realizar una planificación y gestión adecuada del recurso hídrico que la microcuenca provee, lo que implica la implementación de políticas, regulaciones y medidas de gestión para garantizar un uso eficiente y sostenible del agua.

Implementar prácticas de conservación de la tierra tales como la siembra directa y la rotación de cultivos. Así mismo, realizar prácticas de restauración como ser la reforestación.

Se requiere la participación y colaboración de los organizaciones o entes involucrados en la microcuenca, para el manejo adecuado del agua. Lo que implica, trabajar con las comunidades locales, los usuarios del agua y otras partes interesadas para promover un uso responsable y sostenible del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Agua de HONDURAS. (26 de Marzo de 2022). *Catálogo de Información*. Obtenido de <https://aguadehonduras.gob.hn/descargas.html>
- Arrueta, M. (Diciembre de 2009). *Balance hídrico y análisis de las relaciones precipitación-escorrentía en la microcuenca de la Quebrada El Gallo, San Antonio de Oriente*. Obtenido de Zamorano, Honduras: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/259/1/IAD-2009-T003.pdf>
- Cajamarca, R. (Septiembre de 2017). *Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el bosque y vegetación protectora Aguarongo (BVPA)*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14595/1/UPS-CT007172.pdf>
- CEDRSSA. (Diciembre de 2014). *Reporte del CEDRSSA*. Obtenido de El agua, uso racional y eficiente: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Reporte%2018%20EI%20agua%20uso%20racional%20y%20eficiente.pdf>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (19 de Marzo de 2021). *La plataforma Agua de Honduras ahora disponible para la Región de Desarrollo 13 (R13) - Golfo de Fonseca*. Obtenido de <https://alliancebioiversityciat.org/es/stories/la-plataforma-agua-de-honduras-ahora-disponible-para-la-region-de-desarrollo-13-r13-golfo#:~:text=El%20territorio%20hondure%C3%B1o%20debido%20a,el%20Atl%C3%A1ntico%20y%20el%20Pac%C3%ADfico>.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) et al. (Septiembre de 2017). *Generación de los mapas oficiales*. Obtenido de https://aguadehonduras.gob.hn/files/Mapas_Oficiales_Delimitaciones_Hidrograficas_Honduras_MemoriaTecnica.pdf
- CEPAL. (Junio de 2013). *GUÍA A ANÁLISIS Y ZONIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36817/S2014205_es.pdf
- CIIFEN. (2021). *Escenarios y Proyecciones*. Obtenido de <https://ciifen.org/escenarios-y-proyecciones/>

- Cirelli, F. (16 de Octubre de 2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 25. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- concepto. (29 de Marzo de 2022). *Agua Potable*. Obtenido de <https://concepto.de/agua-potable/>
- CORPOCHIVOR. (2 de Marzo de 2022). *FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO – PORH Y EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA – ERA PARA LAS SUBCUENCAS DE TEATINOS, JUYASIA Y TIBANA*. Obtenido de <https://www.corpochivor.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Capitulo-2-HIDROLOGIA-OFERTA-Y-DEMANDA-HIDRICA.pdf>
- Costa, J. &. (05 de Noviembre de 2019). *BALANÇO HÍDRICO DA MICROBACIA DO CÓRREGO SECO EM CARATINGA , MINAS GERAIS, SUDESTE DO BRASIL*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662203054/>
- Del Moral, L. & Herrera, T. (2015). *El agua. Perspectiva ecosistémica y gestión integrada de aguas*. Obtenido de <https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/2767?search=1>
- Díaz, G. (Junio de 2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 240. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>
- Díaz, L. &. (9 de Junio de 2018). *ESTUDIO HIDROLÓGICO Y BALANCE HÍDRICO PARA DETERMINARLA OFERTA Y LA DEMANDA DE AGUA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA NISCOTA PARA UN ACUEDUCTO INTERVEREDAL EN NUNCHÍA, CASANARE*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15989/1/Proyecto%20Final.pdf>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (30 de Marzo de 2022). *Cuenca: Definición, Partes, Tipos e Importancia*. Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/cuenca-definicion-partes-tipos-e-importancia/#Cuenca-alta>
- García, M. &. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Ingeniería y Competitividad*, 9(1), 12. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291323498002>
- Gebrekidan, W. &. (Octubre de 2020). Prioritization of watershed management scenarios under climate change in the Jemma sub-basin of the Upper Blue

- Nile Basin, Ethiopia. *Revista de Hidrología*, 31, 22. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581820301889>
- GOV.CO. (26 de Marzo de 2022). *CAMBIO CLIMATICO*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Convenci%C3%B3n,c%20lima%20observada%20durante%20per%C3%ADodos%20de>
- GOV.CO. (26 de Marzo de 2022). *Planificación del Recurso Hídrico*. Obtenido de ¿Qué es la planificación de cuencas hidrográficas?: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-del-recurso-hidrico/#:~:text=La%20planificaci%C3%B3n%20del%20recurso%20h%C3%ADrico,recurso%20h%C3%ADrico%20superficial%20y%20subterr%C3%A1neo>.
- Guillén, R. (03 de Febrero de 2016). *Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica*. Obtenido de Honduras: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_honduras_2016.pdf
- Heras, R. (23 de Enero de 2023). *Unesco*. Obtenido de Métodos de calculo del balance hídrico: https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000137771&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_4675bc89-f700-4d3a-a1e6-20659bb2a2bb%3F_%3D137771spao.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/
- López, W. (2014). *ANÁLISIS DEL MANEJO DE CUENCAS COMO HERRAMIENTAS PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545055001.pdf>
- MADS. (2018). *METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL EN EL RÍO BOGOTÁ*. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/MET_CAUDAL_AMB_RB.pdf
- Mafla, F. P. (2016). *UNIMAR*. Obtenido de Estrategias de planificación del recurso hídrico con fines de abastecimiento para consumo humano: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8211161.pdf>
- Martínez, F., & Patiño, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 20. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n1/v3n1a1.pdf>

- Martínez, P., & Patiño, C. (Enero-Marzo de 2012). *Tecnología y Ciencias del Agua*. Obtenido de Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México: <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531976001.pdf>
- Martínez, Y., & Villalejo, V. (Abril de 2018). *Scielo*. Obtenido de La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005
- MiAmbiente+. (06 de Junio de 2018). *Lanzan primera plataforma en línea agua de Honduras para la toma de decisiones en el manejo del agua*. Obtenido de <http://www.miambiente.gob.hn/blog/view/lanzan-primera-plataforma-en-linea-agua-de-honduras-para-la-toma-de-decisiones-en-el-manejo-del-agua>
- MiAmbiente+. (06 de Mayo de 2018). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Obtenido de <http://www.miambiente.gob.hn/media/adjuntos/pdf/DNCC/2018-05-10/16%3A35%3A53.282976%2B00%3A00/PNA.pdf>
- Miraflores, Q. (01 de Marzo de 2012). *OFERTA Y DEMANDA HIDRICA*. Obtenido de <https://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf>
- ONU. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*.
- Ortiz, A. &. (Julio- Diciembre de 2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. *LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA*, 9(1), 100-105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5177/517754057010.pdf>
- Perpiñan, G. (19 de Septiembre de 2013). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Metodología para la evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento, ahorro y uso eficiente del agua en el sector institucional: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20942>
- PNUD. (15 de Noviembre de 2011). *Formulando Escenarios de Cambio Climático para Contribuir con Estrategias de Desarrollo Adaptadas al Clima*. Obtenido de file:///C:/Users/DELL/Downloads/Formulating-SPN-web-final_11Nov11.pdf
- Raymond, B. (2015). Paleoclimatology. En B. R. S., *Modelos de Balance Hidrológico-Energético* (pág. 696). 3ra Edición.

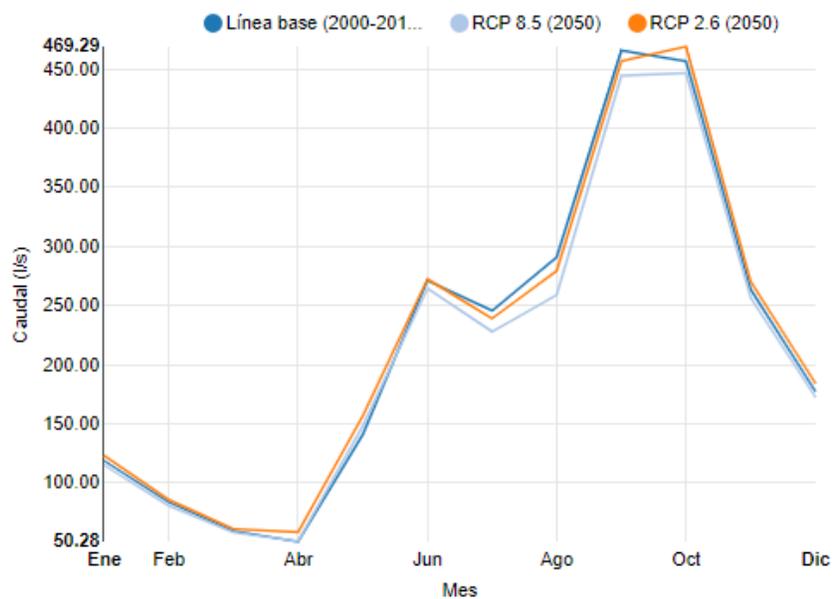
- red de desarrollo sostenible. (16 de Abril de 2015). *Escenarios de cambio climático (2011 – 2100): ¿Qué son y para qué sirven?* Obtenido de <https://www.rds.org.co/es/novedades/escenarios-de-cambio-climatico-2011-2100-que-son-y-para-que-sirven>
- Ríos, E. &. (Enero de 2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/280938710_Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion
- Rodríguez, J. &. (2016). *Integration of the Stationality Climate Variability to a Model of Hidric Environmental Planning.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323990675_Integration_of_the_Stationality_Climate_Variability_to_a_Model_of_Hidric_Environmental_Planning
- Rojas, D. (2018). *El conocimiento del uso del agua y la gestión integrada de los recursos hídricos en las zonas rurales andinas del Distrito de Quiquijana .* Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/231105340>
- Romero, J. (02 de Mayo de 2018). *Simulación Hidrológica de los impactos potenciales del Cambio Climático en la cuenca hidrográfica del río Aipe, en Huila, Colombia.* Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23863781.2018.1454574>
- Santillán, E. &. (25 de Noviembre de 2013). *Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazones, Veracruz, México.* Obtenido de <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/LCJr8JjJpCYgfYVXBMv6wTM/?format=pdf&lang=es>
- Scielo. (Agosto de 2015). *Análisis de balance hídrico en cuencas hidrográficas de la Sierra de los Órganos.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382015000200008
- Sotomayor, P. (2020). *ADAPTACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS AL CAMBIO CLIMÁTICO: APLICACIÓN DE MODELOS HIDROLÓGICOS AL CASO DE LA CUENCA DEL RÍO BABAHOYO-ECUADOR.* Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/89530/files/TESIS-2020-076.pdf>
- Torres, P. &. (15 de Julio de 2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. INGENIERÍAS, 8(15), 17.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75017199010>

USAID. (2018). *Plan Simplificado de Manejo de la Microcuenca Quebrada Las Marías/Chiflador 2018-2022*. La Paz, Honduras.

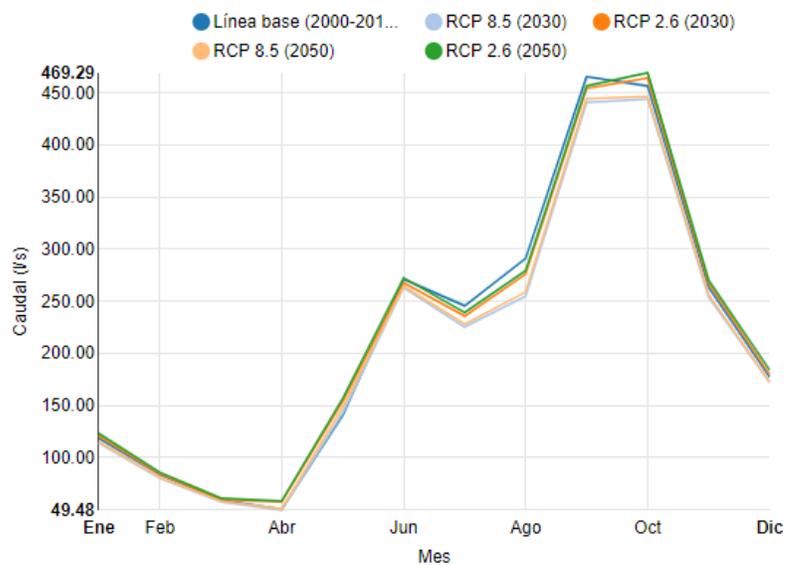
Wayne, G. (Agosto de 2013). *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*. Obtenido de https://skepticalscience.com/docs/RCP_Guide.pdf

Zapata, K. (15 de abril de 2021). *Percepción comunitaria sobre el agua en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México*. Obtenido de <https://uvserva.uv.mx/index.php/Uvserva/article/view/2776/4672>

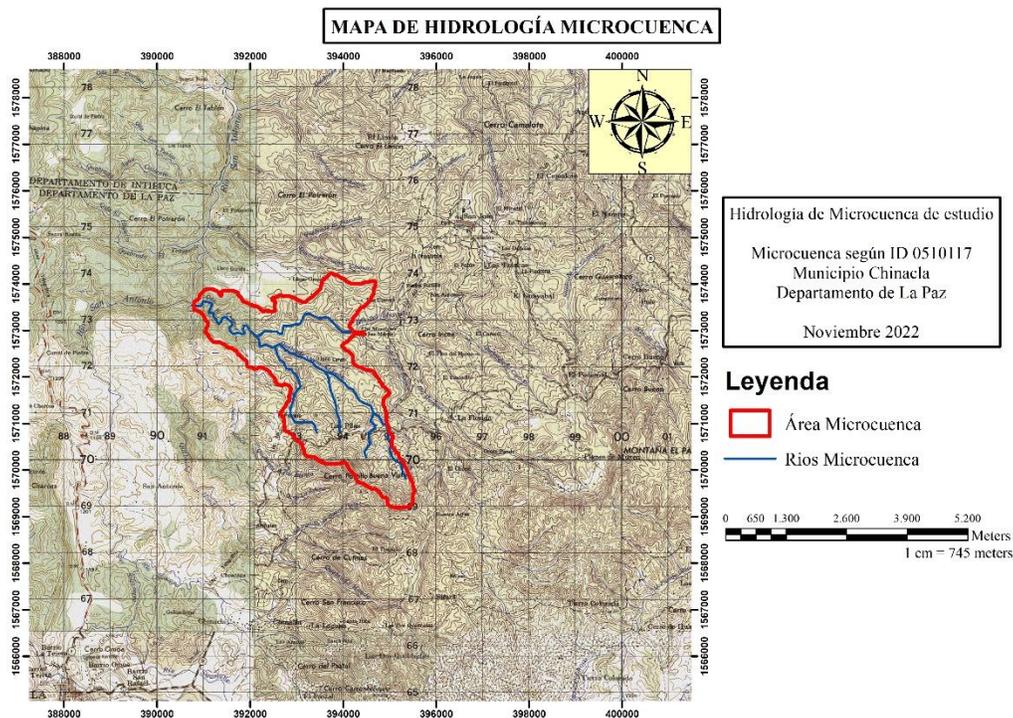
Anexo 5. Escenarios climáticos al 2050



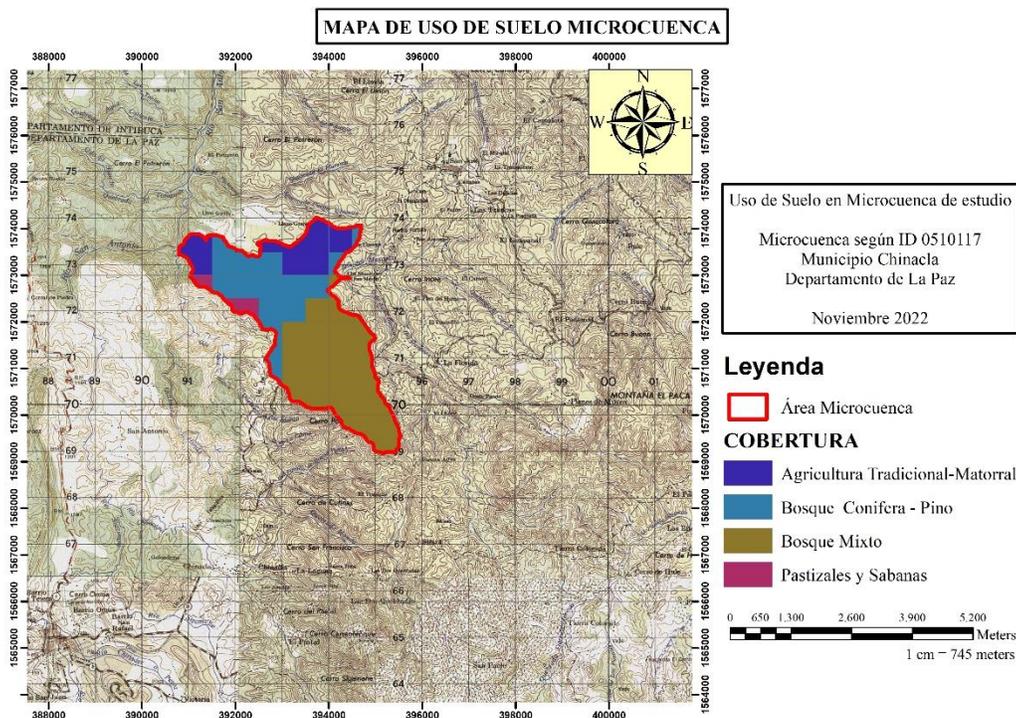
Anexo 6. Gráfico Comparativo escenarios aplicados



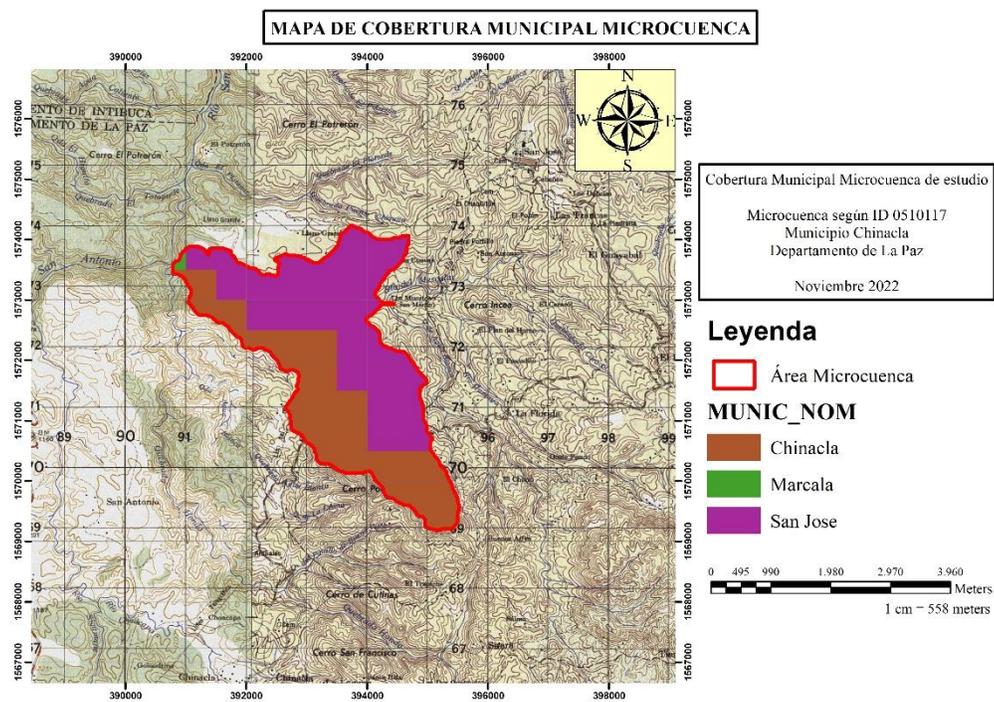
Anexo 7. Mapa de Ubicación Hidrológica de Microcuenca Bella Vista



Anexo 8. Mapa de Uso de suelo de microcuenca Bella Vista



Anexo 9. Mapa de cobertura municipal



Anexo 10. Zona bajo amenaza en parte alta de microcuenca Bella Vista



Anexo 11. *Nacimiento de agua destinado a uso agrícola*



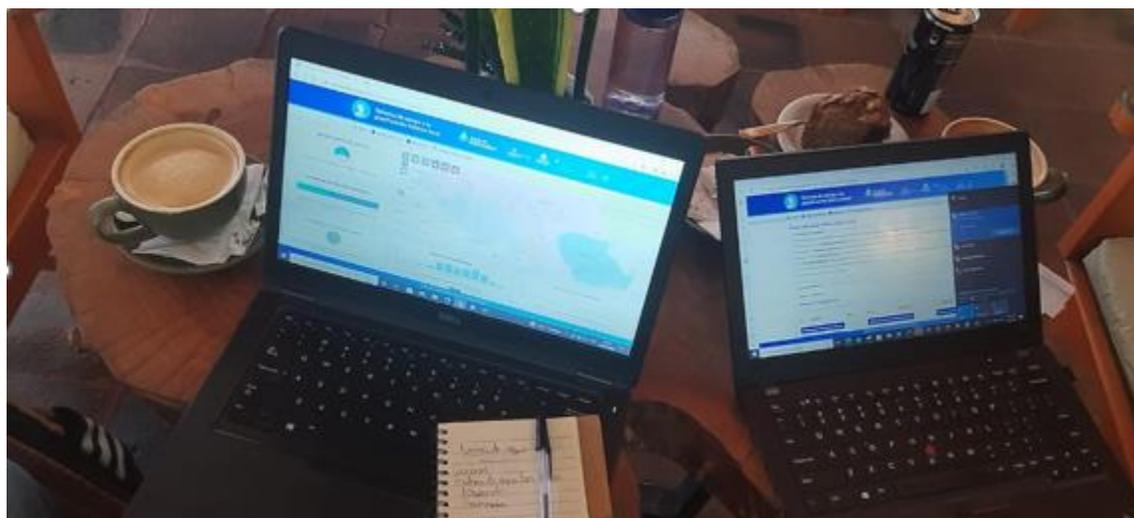
Anexo 12. *Pecera en zona media-alta de la microcuenca Bella Vista*



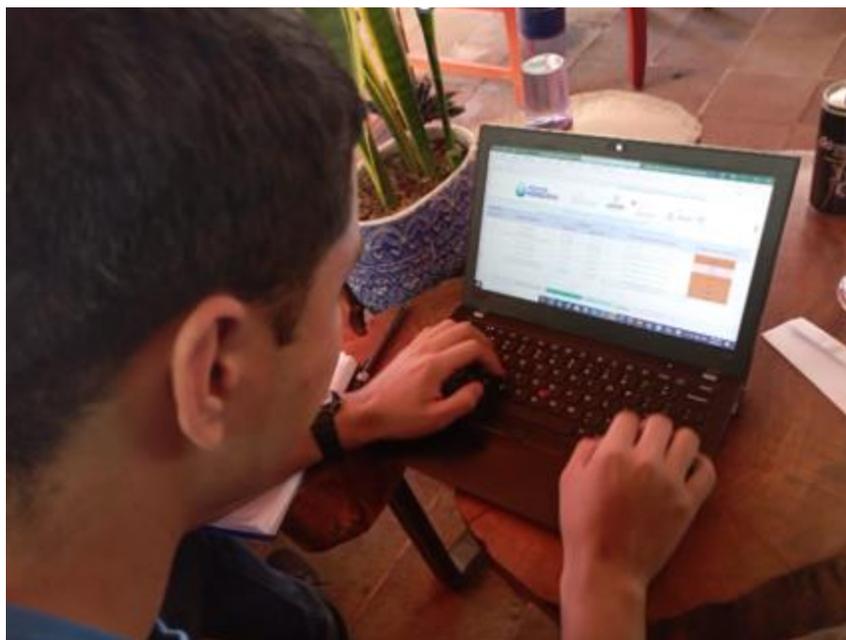
Anexo 13. Reunión con integrantes de Junta de Agua Las Pilas



Anexo 14. Reunión con Máster. Nelson Arriaga



Anexo 16. Llenado de Plantilla Excel



Anexo 15. Representación de Plantilla Excel completada

Sistema de Apoyo a la Planificación Hídrica Local											
Recolección de Información de Demandas Hídricas: Inventario de Fuentes de Agua Aprovechada											
Fecha de Recolección (día/mes/año):		21/01/2023									
Responsable de la Recolección:		Kenneth Wainwright-UNACIFOR, Nelson Arriaga-Alianza-CIAT									
Descripción de la Recolección (Taller, Entrevista, etc.):		Talleres de cartografía social, giras de campo									
Id Microcuenca:		0510117						Área (ha): 1010			
Nombre de la Microcuenca:		Microcuenca Bella Vista									
Subcuenca:		Grande de Oloro Jaitique									
Cuenca:		Ulúa									
Departamento(s):		La Paz									
Municipio(s):		San Jose-Chinacla									
Aldea(s):		El Pedernal-El Trapiche-La Florida-Las Pilas-San José									
Información del Cuerpo de Agua						Información de la Fuente de Agua					
1. Crear Cuerpo	Nombre del Cuerpo de Agua	Temporalidad	Tipo de Cuerpo de Agua	Clase de Cuerpo de Agua	Plataforma aguadehonduras	2. Crear Fuentes	Nombre de la Fuente de Agua	Sitio de Toma de Agua	Ubicación del Sitio de Extracción de Agua		Número de Sistemas Abastecidos por Fuente (Luego oprima el 3. Crear Sistemas)
	(Cada cuerpo nuevo diligéncielo dando click en el boton "1. Crear Cuerpo")	(Selección)	(Selección)	(Selección)	(Consulte en la Aplicación Delimitación Es)		(Ejemplo: Obra toma El Venado, Reservorio Las Marias, etc.)	(Selección)	Latitud (GD) (Ejemplo: 14.5543)	Longitud (GD) (Ejemplo: -88.8555)	
0510117-01	Quebrada Bella Vista	Permanente	Superficial	Quebrada	105487	0510117-01-01	Obra Toma Las Pilas	Vertiente/Nacimiento	14.203867	-87.9821	1
0510117-02	Quebrada León	Permanente	Superficial	Quebrada	106009	0510117-02-01	Obra toma Gabino Nicolas	Cauce/Cuerpo de Agua	14.204095	-87.97703	1
0510117-02	Quebrada León	Permanente	Superficial	Quebrada	106009	0510117-02-01	Obra toma Jorge Molina	Cauce/Cuerpo de Agua	14.203888	-87.97686	1
0510117-02	Quebrada León	Permanente	Superficial	Quebrada	106009	0510117-02-01	Obra toma Donal Sanchez	Cauce/Cuerpo de Agua	14.201922	-87.97793	1
0510117-02	Quebrada León	Permanente	Superficial	Quebrada	106009	0510117-02-01	Obra toma Guadalupe Nicolas	Vertiente/Nacimiento	14.197937	-87.97749	1
0510117-02	Quebrada León	Permanente	Superficial	Quebrada	106009	0510117-02-01	Obra toma Coronel Selma Arri	Cauce/Cuerpo de Agua	14.203456	-87.9763	1
<p> Fuentes de Agua Sistemas de Agua Demanda - Uso Doméstico Demanda - Uso Agropecuario Demanda - Otros Usos Amenazas </p>											

DECLARACIÓN

Yo, Keneth Wilfredo Wainwright Nicolas, por este medio declaro que la idea original de este tema fue proporcionada por MS.c. Nelson Mejía, y el título del estudio: Planificación hídrica considerando diferentes escenarios de cambio climático en la microcuenca Bella Vista, Chinacla, La Paz. ha sido elaborado a través de mi propia iniciativa, realizando la revisión de literatura de las referencias citadas.

Es de mi conocimiento que este estudio de investigación no es un duplicado de ningún trabajo previamente presentado a una Universidad, institución o casa de estudios superiores.



Keneth Wilfredo Wainwright Nicolas

Nombre y firma del estudiante

Siguatepeque, Comayagua, 17 de febrero de 2023

Lugar y fecha