

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

**RESTAURACIÓN DE ZONAS RIPARIAS Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN
LA ZONA MEDIA-ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO LIBERIA PARA MEJORAR LA
RESILIENCIA ECOLÓGICA E HÍDRICA.**



YADIR MAURICIO QUIRÓS RUIZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MÁSTER EN LIDERAZGO Y
GERENCIA AMBIENTAL

San José, Costa Rica

Octubre, 2024

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de Máster en Liderazgo y Gerencia Ambiental

Mgts. Gerardo Artavia Zamora
PROFESOR TUTOR

Sirleny Vega Herrera
LECTOR No.1

Daniel Rodríguez Molina
LECTOR No.2

Yadir Mauricio Quirós Ruiz
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

Quiero ofrecer esta dedicatoria, en primer lugar, a Dios, por permitirme concluir una etapa tan hermosa y provechosa de mi vida. Le agradezco por guiarme en mis decisiones, por la salud, y por la familia que me dio, pues han sido el instrumento para mostrarle su apoyo a través de ellos y permitirme estar donde estoy en este momento.

Esta dedicatoria también va para mi familia, quienes de una u otra forma también forman parte de este logro. Durante este proceso que limitó el tiempo que pude compartir con ellos, su amor me guió y me mostró el camino para llegar a este momento, alcanzando un sueño y anhelando un mejor futuro juntos.

A mi esposa, quien fuera la creadora y motivadora de toda esta travesía, siempre brindándome su apoyo incondicional, aún en los momentos más difíciles, me mostró su amor y respaldo, encontrando las palabras precisas para hacerme levantar y seguir con firmeza hacia el objetivo de años atrás, por eso esta dedicatoria es para ella.

La dedicatoria es para mis pilares, porque estoy seguro de que sin ellos este sueño no se estaría haciendo realidad, y porque sé que son los pilares que siempre estarán presentes en mi ser, sin importar las adversidades que enfrente.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por darme la fortaleza, sabiduría y salud necesaria para llegar hasta este momento tan importante en mi vida. Su guía y protección me han acompañado en cada paso de este proceso, permitiéndome superar los retos con determinación y fe.

A mi esposa Maryett, quien ha sido mi mayor pilar de apoyo durante esta travesía. Gracias por tu amor incondicional, por estar a mi lado en los momentos más difíciles y por motivarme a seguir adelante. Sin tu comprensión y compañía, este logro no hubiera sido posible.

A la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI), mi alma mater, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y por ser un espacio de crecimiento personal y profesional. Al personal administrativo que siempre estuvieron en esa disposición de ayudarnos y que siempre nos acompañaron.

Y, por último, quiero agradecer a todos los profesores y compañeros que se esforzaron por enseñarme sus conocimientos, por corregirme, aconsejarme y, sobre todo, por exigirme a mejorar cada día. Gracias por motivarme a luchar por nuestros ideales y sembrar en nosotros esa semilla de conciencia ambiental, necesaria para salvar nuestro hogar, nuestro planeta.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE FIGURAS	viii
INDICE CUADROS	ix
RESUMEN EJECUTIVO	x
1. INTRODUCCION	12
1.1. Antecedentes	18
1.2. Problemática.	21
1.3. Justificación del problema.....	21
1.4. Objetivos del Proyecto	23
1.4.1. Objetivo General del Proyecto	23
1.4.2. Objetivos específicos	24
2. MARCO TEORICO	24
2.1. Marco institucional	24
2.2. Marco Conceptual	25
2.3. Marco Normativo.....	29
3. MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1. Fuentes de información.....	32
3.2. Fuentes Primarias	32
3.3. Fuentes Secundarias	32
3.4. Técnicas de Investigación.....	33
3.5. Metodología de Investigación.	33
3.5.1. Aplicación de Métodos Cuantitativos y Cualitativos	33
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS	34
4.1. Áreas críticas para la intervención y la restauración.	35
4.1.1. Zona Crítica No. 1	38
4.1.2. Zona Crítica No. 2	40

4.1.3. Zona Crítica No. 3	41
4.1.4. Zona Crítica No. 4	43
4.1.5. Zona Crítica No. 5	45
4.2. Restauración ecológica y capacidad hídrica de la cuenca.....	47
4.2.1. Reforestación con especies nativas	47
4.2.1.1. Importancia de la reforestación con especies nativas	48
4.2.1.2. Selección de especies nativas.....	48
4.2.1.3. Técnicas de reforestación.....	54
4.2.1.4. Monitoreo y mantenimiento de las áreas reforestadas.....	57
4.2.1.5. Beneficios a corto y mediano plazo	58
4.2.2. Manejo sostenible del suelo y control de la erosión.....	59
4.2.2.1. Barreras naturales.....	59
4.2.2.2. Terrazas y zanjas de infiltración	60
4.2.3. Participación comunitaria y educación ambiental.....	61
4.2.3.1. Voluntariado Ambiental Activo	61
4.2.3.2. Educación Ambiental para Todas las Edades	61
4.2.3.3. Alianzas con instituciones y empresas	62
4.2.3.4. Innovación para Monitorear el Progreso.....	62
4.3. Gestión adecuada de los residuos sólidos	62
4.3.1. Diagnóstico inicial	62
4.3.1.1. Evaluación del tipo de residuos	64
4.3.1.2. Mapeo de zonas críticas	64
4.3.2. Prevención y educación	65
4.3.2.1. Campañas de concienciación	65
4.3.2.2. Capacitación a actores clave	65
4.3.2.3. Uso de medios digitales y tradicionales.....	66
4.3.3. Recolección y separación de residuos	66
4.3.3.1. Sistema de recolección selectiva.....	66
4.3.3.2. Frecuencia de recolección	67
4.3.3.3. Infraestructura adecuada	68
4.3.4. Manejo y disposición final	68
4.3.4.1. Planta de tratamiento local.....	68
4.3.4.2. Alianzas con empresas recicladoras	69

4.3.5. Monitoreo y control.....	69
4.3.5.1. Indicadores de gestión de residuos	69
4.3.5.2. Supervisión comunitaria.....	69
4.3.5.3. Tecnología para el monitoreo	70
4.3.6. Normativas y sanciones.....	70
4.3.6.1. Reglamentos municipales.....	70
4.3.6.2. Colaboración interinstitucional	71
4.3.7. Participación comunitaria y voluntariado	71
4.3.7.1. Proyectos de voluntariado.....	71
4.3.7.2. Incentivos para la comunidad	72
4.3.8. Incorporación de tecnologías limpias	72
4.3.8.1. Economía circular.....	72
4.3.8.2. Tecnologías de reciclaje avanzado.....	73
4.3.9. Resumen de planes a corto, mediano y largo plazo	73
4.3.9.1. Corto plazo	73
4.3.9.2. Mediano plazo	74
4.3.9.3. Largo plazo.....	74
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	81
7. BIBLIOGRAFIA	84
8. ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación (Línea Roja) de la cuenca Río Liberia	12
Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo de calidad de aguas.....	13
Figura 3. Identificación de la zona media de estudio del río Liberia.....	37
Figura 4. Identificación de la zona crítica número 1 (Saca de Agua)	38
Figura 5. Identificación de la zona crítica número 2 (Colegio Felipe Pérez)	40
Figura 6. Identificación de la zona crítica número 3 (Finca La Carreta)	42
Figura 7. Identificación de la zona crítica número 4 (Parque Ecológico de Liberia)	43
Figura 8. Identificación de la zona crítica número 5 (Barrio Capulín)	45
Figura 9. Fotografías de zonas erosionadas por la destrucción de las zonas riparias..	59
Figura 10. Fotografías de tipos de residuos encontrados en el río Liberia	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propuesta de frecuencia de recolección de residuos	67
--	----

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se enfocó en la restauración de las zonas riparias y la gestión adecuada de los residuos sólidos en la zona media-alta de la cuenca del río Liberia, en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. El objetivo principal fue mejorar la resiliencia ecológica e hídrica de la cuenca, implementando estrategias de restauración ambiental que contribuyeran a la sostenibilidad a largo plazo. La investigación surgió en respuesta a la creciente degradación de los ecosistemas fluviales en áreas urbanas, debido a la deforestación, la erosión de suelos y el manejo inadecuado de residuos, factores que han puesto en riesgo la estabilidad ecológica del río Liberia.

El estudio partió del análisis de las zonas riparias, espacios naturales vitales para la regulación hídrica y la protección de la biodiversidad en las cuencas fluviales. Estas áreas han sido severamente afectadas por la actividad humana, lo que ha resultado en la pérdida de cobertura vegetal y en la erosión del suelo, debilitando su capacidad para cumplir su función natural de amortiguar el impacto de las lluvias y mantener la calidad del agua. Para revertir esta situación, se propuso la reforestación con especies nativas, que no solo estabilizan las riberas del río, sino que también fomentan la restauración de hábitats para la fauna local y contribuyen al equilibrio ecológico del ecosistema.

El segundo componente de la investigación se enfocó en la gestión de los residuos sólidos, que representan una de las principales fuentes de contaminación en la cuenca. A través de evaluaciones en campo, se identificó la acumulación de residuos ordinarios (lo que las personas conocen comúnmente como basura), desechos plásticos y otros contaminantes que afectan directamente la calidad del agua y la salud de los ecosistemas. El estudio propuso la implementación de un sistema de recolección y disposición adecuada de residuos, acompañado de campañas de educación ambiental para sensibilizar a la población local sobre la importancia de mantener los ríos limpios. Se hizo especial énfasis en involucrar a la comunidad y a las autoridades locales en el desarrollo de políticas de gestión sostenible, asegurando así una participación activa y una conciencia ambiental a nivel colectivo.

Con estas ideas, surgió la interrogante: ¿Es posible que la reforestación y la gestión de residuos transformen la cuenca media-alta del río Liberia, incrementando su resiliencia

frente al cambio climático y otros desafíos ambientales? Este estudio buscó responder a esta pregunta, proponiendo como hipótesis que una intervención adecuada no solo beneficiará el ecosistema, sino que también restablecerá la función reguladora del río, esencial para la comunidad y el medio ambiente local, esto sirvió como base.

Un aspecto fundamental de la propuesta fue el enfoque holístico adoptado en la restauración de la cuenca. Este enfoque consideró que el problema de la degradación ambiental no puede ser abordado de manera aislada, sino que requirió una visión integral que contempló no solo los aspectos ecológicos, sino también los factores sociales y económicos que inciden en la problemática. Por ello, el trabajo presentó soluciones viables que integran la recuperación de suelos, el manejo adecuado de los desechos y la participación comunitaria en la conservación de los recursos hídricos. Esta visión holística buscó generar un impacto positivo no solo en la cuenca del río Liberia, sino también en la calidad de vida de las comunidades que dependen de este recurso.

La investigación concluyó dando respuesta a la interrogante del trabajo en que la restauración ecológica y la gestión eficiente de los residuos sólidos son medidas clave para mejorar la resiliencia hídrica y ecológica de la cuenca del río Liberia. Las recomendaciones presentadas, basadas en soluciones prácticas y sostenibles, no solo contribuirán a mitigar los efectos negativos actuales, sino que también establecerán una base sólida para la conservación futura del río y sus ecosistemas.

Este proyecto se presentó como una contribución significativa a los esfuerzos de gestión ambiental en Costa Rica, un país que ha demostrado su compromiso con la sostenibilidad. El trabajo no solo proporciona un diagnóstico claro de la situación actual, sino que también ofrece herramientas y propuestas concretas para enfrentar los desafíos que afectan a los recursos hídricos, destacando la importancia de la colaboración entre las autoridades locales, la población y las organizaciones ambientales.

1. INTRODUCCION

El manejo sostenible y regenerativo de los recursos naturales siempre han representado un enorme desafío para los seres humanos, y más aún, cuando el crecimiento urbano dentro de estos espacios naturales aumenta en grandes proporciones, debido a la proliferación de los asentamientos humanos. En este contexto, restaurar uno de los recursos más importantes para los seres vivos, como lo es el recurso hídrico, adquiere una relevancia crucial para la presente investigación. La cuenca del río Liberia es una de las cuencas más importantes para la región de estudio, ya que se convierte esencialmente en un área de captación, almacenamiento y distribución de sus aguas.

La cuenca del río Liberia se ubica al noroeste de Costa Rica, en la provincia de Guanacaste, y posee una longitud de 35 kilómetros desde su origen hasta su confluencia con el río Tempisque. Actualmente se considera una subcuenca de la cuenca del río Tempisque, ya que su caudal desemboca en este río tan importante para la provincia. Su nacimiento se ubica aproximadamente en las coordenadas $10^{\circ}40'47.3''N$ $85^{\circ}23'36.9''O$, muy cerca de la cordillera de Guanacaste. En general, la cuenca del río Liberia se extiende sobre una superficie de alrededor de 201.91 km².



Figura1. Delimitación (Línea Roja) de la cuenca Río Liberia, desde su inicio hasta la desembocadura, extraído de Fuente de Vida y Desarrollo (ACG, 2024).

La situación socioambiental de la cuenca en estudio presenta una caracterización peculiar con respecto a las otras cuencas de la región. Recordemos que se localiza en la séptima provincia de Costa Rica, y que esta cuenca atraviesa un casco urbano bastante importante como lo es el centro de la ciudad de Liberia, cabecera de cantón y principal centro de actividades socioeconómicas del lugar y que repercuten en eje ambiental dentro de la dinámica ecosistémica a lo largo de toda la cuenca. En resumen, algunos de los principales aspectos que caracterizan la situación socioambiental actual de la cuenca son:

a. Calidad del Agua

Desde el año 2013, la calidad de las aguas de la cuenca del Río Liberia, en su zona media-alta ha sido monitoreada a través de 8 estaciones de muestreo, realizado por el Centro de Recursos Hídricos para Centroamérica y el Caribe (HIDROCEC) de la Universidad Nacional, lo que ha permitido identificar los principales puntos de presión antropogénica a la cuenca. Gracias al Índice Holandés como referencia para la evaluación de la calidad del agua se ha revelado que la degradación del agua aumenta al entrar en el caso urbano de la ciudad de Liberia. De esta manera, se determina que su punto de mayor degradación en la calidad del agua se localiza en la zona de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, ubicada en Barrio Capulín (Golcher Benavides et al., 2018).

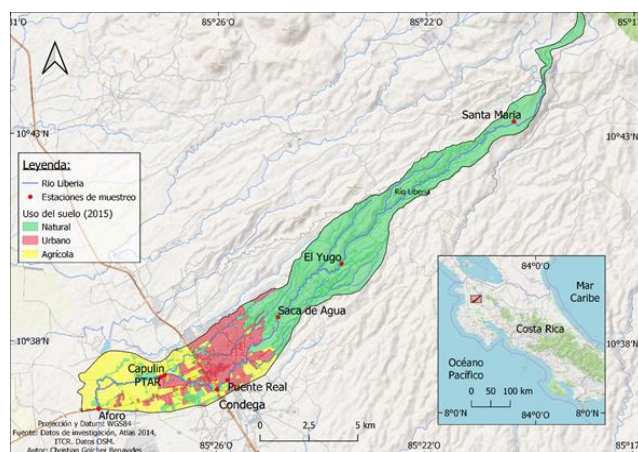


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo de calidad de aguas del río Liberia, en su zona media-alta, desde el 2013, (Golcher Benavides et al., 2018).

b. Hidrología

La calidad del agua del Río Liberia, de acuerdo con el HIDROCEC-UNA para el periodo julio 2020 y febrero 2021, con sus acciones de muestreo, arrojaron resultados nada alentadores, dado que la calidad del agua del río Liberia se degrada de manera acumulada, una vez que se hace ingreso en la zona urbana de la cuenca. Considerando el Índice Holandés, las zonas altas de la cuenca presentan agua de buena calidad o de bajos niveles de contaminación (IH= Clases 1 y 2) esto para los primeros puestos de muestreos que son Santa María y El Yugo. En la zona urbana, los puestos de muestro Puente Real, Condega y Capulín, presentan las clases de contaminación moderada (Clase 3) teniendo su punto más alto de contaminación en el puesto de muestreo PTAR (clase 5). Esta Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es el punto más crítico, (Golcher Benavides et al., 2018).

Algunas de las fuentes de agua que se han identificado por el HIDROCEC son:

- Quebrada Los Piches: Se localiza aproximadamente al norte de la ciudad de Liberia, y es un afluente importante del río en su curso medio.
- Quebrada Panteón: Se localiza casi en el centro de la ciudad de Liberia, y es un afluente que se une a la quebrada Los Piches, que luego dan al río Liberia.
- Quebrada La Carreta: Esta se ubica un poco más al sureste de la ciudad de Liberia, contribuye al caudal del río Liberia en su curso cercana a la zona alta de la cuenca.

c. Geomorfología y suelos

Las características del terreno de la cuenca del Río Liberia contribuyen a que presenten una topografía variada que incluye montaña, valles y planicies. Dentro de las características principales de la cuenca en su parte alta, tiene presencia de las montañas que forman parte del sistema volcánico de Guanacaste, sus suelos altos son de origen volcánicos. También tenemos la presencia de valles intermontañosos que se han formado por la sedimentación a lo largo del tiempo,

lo que los convierte en suelos muy fértiles utilizados para la agricultura. Los valles se han convertido en vías naturales para el flujo de las aguas superficiales, siendo así actores importantes para el sistema hidrológico de la cuenca en general.

Al ser una región meramente cercana al sistema volcánico de Guanacaste, sus suelos contienen rocas volcánicas de origen andesítico y basáltico, además de suelos derivados de cenizas volcánicas en las zonas más altas de la cuenca. Además, en sus partes más bajas presenta suelos de tipo inceptosoles, los cuales son aquellos formados del efecto de la descomposición de minerales y rocas que ocurren sobre o cerca de la superficie (meteorización) que sufren los sedimentos aluviales y coluviales, localizándose la mayoría de estos suelos en terrenos planos y ligeramente ondulados (INTA, 2015).

d. Cobertura vegetal y uso de la tierra

Algunos tipos de vegetación que presenta la zona de Liberia en su cuenca hidrográfica es caracterizada por la aparición de un estrato arbóreo disperso xeromórfico¹ y achaparrado en donde predomina el encino (*Quercus oleoides*), el nance (*Byrsonima crassifolia*) y el raspaguacal (*Curatella americana*). Sin embargo, en las orillas de la cuenca, podemos encontrar también bosques de galerías y dado a sus niveles de fertilidad en sus suelos esta condición permite tener una variedad de vegetación, lo que contribuye a una dinámica ecosistémica considerable con las especies de la fauna en el lugar (Elizondo Castillo & Jiménez Madrigal, 2016).

En lo que respecta al uso de la tierra que posee la cuenca en estudio, en la zona media se ha centrado en la expansión urbana de la ciudad, lo que ha conllevado a una proliferación de los asentamientos humanos muy cerca de las márgenes del río. En la parte baja de la cuenca, el uso de la tierra ha sido para la agricultura destacando la participación de una de las empresas más importantes de Costa Rica como lo es la Compañía Azucarera del Tempisque S.A (CATSA),

¹ Xeromórfico: Término concerniente a todas aquellas formas de vegetación adaptadas a los medios secos.

la cual toma parte de su caudal para los cultivos de la caña de azúcar en las llanuras bajas del cantón.

e. Biodiversidad

Entre algunas especies de flora que podemos encontrar en la cuenca hidrográfica del río Liberia, está el emblemático árbol de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), muy conocido y común en las orillas de los ríos de la provincia y para el río Liberia no es la excepción. Otras de las especies de flora que podemos encontrar en el corredor biológico Las Morocochas, al cual pertenece la cuenca en estudio, son por ejemplo el Cenízaro (*Samanea saman*), Pochote (*Bombacopsis quinata*), Guapinol (*Hymenaea courbaril*), Matapalo (*Ficus spp.*) (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

Además de las especies arbóreas más famosas, la cuenca posee otras especies tipo sabana como el Jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y el Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*) que vienen a complementar el paisaje de la cuenca, y aunque no son endémicas, de cierta forma desempeñan un rol en el entorno natural y que con el transcurso del tiempo se han adaptado y han provocado adaptaciones en los servicios ecosistémicos de los seres vivos de la cuenca (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

Con respecto a la fauna de este corredor biológico, se puede observar una rica diversidad de mamíferos, aves, reptiles, anfibios e insectos que se han adaptado a las condiciones del bosque seco tropical. En primer lugar, entre los mamíferos, pueden destacar el mono Congo o aullador (*Alouatta palliata*), conocido por sus fuertes aullidos que resuenan a varios kilómetros, y que habita en las copas de los árboles alimentándose de hojas, frutas y flores (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

Junto a ellos, el puma (*Puma concolor*), un depredador clave, utiliza estos corredores biológicos para desplazarse entre áreas protegidas en busca de presas como venados, pecaríes y otros mamíferos más pequeños. Además, el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), un mamífero nocturno que excava

madrigueras y se alimenta de insectos, es común en las áreas del bosque seco, al igual que el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), que frecuenta áreas abiertas y de transición donde se alimenta de pastos y arbustos (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

En cuanto a las aves, el caracara (*Caracara cheriway*) se adapta bien a las áreas abiertas del corredor, cazando pequeños vertebrados y carroña, mientras que el tucán (*Ramphastos sulfuratus*), reconocido por su pico colorido, aunque más común en zonas húmedas o altas de la cuenca, también se encuentra en las áreas de transición del corredor. Las garzas (*Ardea* spp.), por su parte, son frecuentes en los cuerpos de agua como ríos y lagunas, donde cazan peces y anfibios. Entre los reptiles, la iguana verde (*Iguana iguana*) es un habitante común de los árboles del bosque seco, alimentándose de hojas y flores; y la boa constrictora (*Boa imperator*) se encuentra tanto en bosques secos como húmedos, cazando pequeños mamíferos y aves. También el famoso cocodrilo (*Crocodylus acutus*), presente en cuerpos de agua dulce y salobre, desempeña un papel crucial como depredador en estos ecosistemas. (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

Posteriormente, el corredor también alberga diversas especies de anfibios, como la rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*), que, aunque prefiere los bosques húmedos, se le ha visto en zonas de transición durante la temporada lluviosa. Además, insectos como las mariposas, que juegan un papel esencial en la polinización, y las hormigas cortadoras de hojas² (*Atta* spp) (Ver Anexo 2), que son conocidas por su comportamiento de cortar hojas y llevarlas a sus nidos para cultivar hongos, están presentes en este corredor, contribuyendo a la compleja red ecológica de la región.

Este conjunto de fauna y flora refleja la diversidad y adaptabilidad de las especies en el Corredor Biológico Las Morocochas, destacando su importancia para la conservación de la biodiversidad de la cuenca del río Liberia, y en la

² Hormigas cortadoras de hojas (*Atta* spp) es una de las especies reguladoras del suelo, ver Anexo 1. Las imágenes de la especie.

zona de Guanacaste en general. Aunque la lista es un poco extensa, estas especies son las más representativas de la región (C. Ruiz, Comunicación personal, 26 de julio de 2024).

f. Aspectos climáticos

La zona de Liberia al pertenecer al pacífico norte, y localizarse al noroeste del país, presenta una temperatura promedio anual de 27°C y recibe en promedio de 2000 mm de lluvia al año en total, (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, s.f.). Su régimen hidrológico va muy de la mano con su variación estacional, ya que la estación seca es muy fuerte y marcada, donde la ausencia de las lluvias es predominante durante los meses de diciembre a abril, lo que repercute en el caudal del río, al bajar su nivel de agua (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, s.f.).

1.1. Antecedentes

En materia de gestión y manejo, la cuenca ha sido objeto de estudio y han presentado algunas propuestas para su recuperación; la más importante es el esfuerzo liderado por el Área de Conservación Guanacaste (ACG) para buscar una gestión integral de la cuenca del Río Liberia. En el año 2015, se formó la Comisión para el Manejo de la Cuenca del Río Liberia y sus Afluentes (COLAC), de naturaleza interinstitucional; compuesta por representantes del Ministerio de Salud, MINAE, INDER, UNA, y sociedad Civil. El plan de manejo buscaba una cuenca limpia y ordenada, mediante la coordinación de actividades estratégicas y el involucramiento de la comunidad local (Piedra Alcócer, 2015), sin embargo, actualmente la comisión está detenida y el plan propuesto sin ejecución continua.

La participación ciudadana ha sido otro componente esencial en el monitoreo y gestión de la cuenca. En 2020, se creó el Observatorio Ciudadano del Agua del Río Liberia, que involucra a vecinos y estudiantes en actividades de monitoreo y conservación del río. Este grupo forma parte de la Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica y ha contribuido significativamente a la recolección de datos y a la sensibilización de la

población sobre la importancia de proteger este recurso hídrico (C. Golcher, Comunicación personal, 15 de julio de 2024).

Tal como se mencionó al inicio del capítulo, actualmente la cuenca enfrenta tres grandes desafíos y que son identificables como antecedentes; estos desafíos se convierten en la problemática más inmediata a solucionar. Como primer y más grande desafío es la exclusión que tiene la zona urbana de la cuenca del río, en su zona media del Corredor Biológico Las Morocochas, esta exclusión no permite que esta zona forme parte del plan de manejo de este corredor y no es objeto de intervención institucional de carácter ambiental.

Como segundo desafío es la contaminación y el manejo inadecuado de los desechos sólidos y como tercer problema está las vertidas (Alcantarillado Público) que se han acrecentado en los últimos años, por la misma proliferación de los asentamientos humanos (C. Golcher, Comunicación personal, 15 de julio de 2024).

Posteriormente, otro de los antecedentes del proyecto es la Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030, la cual se denomina Ríos Limpios, en la que se expone una serie de argumentos muy interesantes que puede ser adaptados al presente trabajo. Este documento proveniente del gobierno de Costa Rica en apoyo con el MINAE resultó de mucha ayuda como guía del proyecto (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020).

Esta iniciativa “*Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030*” apoyada por el MINAE y AYA, vino a representar un fuerte antecedente que debe ser considerado en el desarrollo de la investigación, ya que siendo un modelo de acción alineado al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuye directamente en el mejoramiento de los ecosistemas y la calidad de vida de las personas alrededor de las cuencas urbanas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2020).

Consecuentemente, otro antecedente que definió al presente trabajo fue el *Plan de Manejo de la Cuenca del Río Liberia*, del año 2015, sin embargo, este plan no ha sido ejecutado en su totalidad y actualmente su comité está en un paro de labores desde

hace un tiempo atrás y al documento no fue posible tener acceso. Este comité está compuesto por miembros del ACG, Municipalidad de Liberia, Ministerio de Salud, MINAE, INDER y miembros de la sociedad civil (C. Golcher, Comunicación personal, 15 de julio de 2024) (Piedra Alcócer, 2015).

De manera indirecta, considerando la naturaleza de los objetivos del trabajo, el plan Nacional para la Gestión Integral de residuos 2016-2021, resultó un antecedente importante por considerar ya que van paralelamente con la Ley N°8839 “Ley para la Gestión Integral de Residuos” y la N°5395 “Ley General de Salud”. Por lo tanto, según la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental de Costa Rica (DIGECA, 2024), establece que el plan es el marco de referencia que rige las acciones que realizarán las instituciones públicas, municipalidades, sector privado, universidades; junto con las organizaciones sociales y la comunidad, en el tema de residuos.

En esta misma línea de acción, se encontró la Estrategia del SINAC para la Conservación y Uso Sostenible del Recurso Hídrico 2021-2026, que sirvió como un marco estratégico que guió a la institución del SINAC en la superación de los desafíos detectados. Esta estrategia se fundamenta en una lógica de gestión orientada a resultados y se estructura en ejes estratégicos que delimitan los resultados esperados a lo largo de un período de seis años propuestos en el plan, acompañados por un conjunto de acciones estratégicas para alcanzarlos (SINAC, 2022).

Con respecto a la normativa e instrumentos legales que tiene el país de Costa Rica en materia ambiental, y que pueden incidir en la elaboración y resultado del presente trabajo, se consideró a las siguientes leyes de la constitución política del país, que son adicionales a las ya antes mencionadas; tal es el caso de la Ley de Aguas N°276, Ley de Biodiversidad N°7788, Ley Orgánica del Ambiente N°7554 y la Ley Forestal N°7575 así como su reforma N°10210. Dentro de algunos instrumentos tenemos a la Política Hídrica Nacional del MINAE del 2009, que vino a integrar, elaborar y aplicar la política y normativa en materia de gestión del agua como recurso y como servicio.

También, otro antecedente que se encontró fue el convenio marco de cooperación entre la Universidad de Costa Rica y el consejo directivo del Comité Local del Corredor Biológico Interurbano del Río Torres (Universidad de Costa Rica, 2023). Por

consiguiente, la recuperación que buscaron estos actores sociales es muy similar a lo que este proyecto busca, aunque tiene sus diferenciaciones en su estructura.

1.2. Problemática.

La cuenca hidrográfica del río Liberia, en su zona media-alta, siendo esta zona la de mayor índice de afectación en sus cuerpos de agua, enfrenta desafíos ambientales y socioeconómicos críticos. La degradación del ecosistema, la pérdida de biodiversidad y la presión sobre los recursos naturales en sus zonas riparias, amenazan la estabilidad natural de la zona de estudio. Este problema se ve exacerbado por ciertas prácticas insostenibles, urbanización no planificada y la falta de estrategias integradas de manejo ambiental.

Esta problemática también se ve acrecentada dado que la zona media (Zona Urbana de la cuenca) se ha excluido como parte del “Corredor Biológico Las Morocochas”, lo que provoca que la legislación y planificación ambiental no sea vinculante para dicha extensión geográfica de la cuenca. Debido a lo anterior, es muy difícil ejecutar maniobras desde un punto de vista ambiental, a una extensión de terreno de la cuenca considerable, sin contar con los recursos y fondos necesarios de los agentes encargados de garantizar nuestro patrimonio natural.

La necesidad urgente de abordar estos desafíos motivó a centrar la investigación en la restauración ecológica de las zonas riparias degradadas a lo largo del río Liberia (Zona Media-Alta) y en la gestión de residuos sólidos acumulados en la cuenca. La comprensión profunda de los factores causales y la identificación de soluciones efectivas son esenciales para recuperar y preservar el equilibrio ecológico y socioeconómico de la región evitando así una limitación del recurso hídrico para las futuras generaciones, y afectaciones naturales del paisaje por temas del cambio climático.

1.3. Justificación del problema

La presente investigación tiene como propósito final abordar los desafíos ambientales que enfrenta la zona media-alta de la cuenca del Río Liberia, con un enfoque específico en la restauración de zonas riparias y la gestión de residuos sólidos. El proyecto se

fundamenta en tres pilares claves que convergen para generar un impacto integral y sostenible: la mejora de la resiliencia ecológica, el fortalecimiento de la capacidad hídrica, y la participación activa de la comunidad en la gestión ambiental.

En primer lugar, la restauración de zonas riparias es crucial para preservar y mejorar la resiliencia ecológica del río. Las zonas riparias, que actúan como un vínculo vital entre los ecosistemas acuáticos y terrestres, han sufrido un deterioro significativo debido a la actividad humana y los eventos climáticos extremos. La pérdida de vegetación ribereña ha incrementado la erosión de las riberas, disminuyendo la calidad del agua y afectando la biodiversidad local. La investigación se enfocará en identificar las áreas críticas donde la intervención es más urgente, y se diseñarán estrategias de reforestación utilizando especies nativas. La creación de barreras naturales con estas especies no solo ayudará a controlar la erosión, sino que también revitalizará el hábitat para la fauna local, promoviendo así un ecosistema más saludable y resiliente.

En segundo lugar, la gestión adecuada de los residuos sólidos es fundamental para mejorar la calidad del agua y la salud general del ecosistema fluvial. La acumulación de residuos sólidos en la cuenca del río Liberia ha agravado los problemas de contaminación, afectando negativamente a la fauna acuática y contribuyendo al deterioro del entorno natural. La investigación se centrará en la remoción de estos residuos, proponiendo medidas concretas para su correcta disposición y manejo. Se trabajará en colaboración con las comunidades locales para involucrarlas en la recolección y reciclaje de residuos, fomentando así un sentido de responsabilidad compartida y sostenibilidad a largo plazo. Además, se explorarán estrategias para prevenir la futura acumulación de residuos, integrando prácticas sostenibles en la gestión diaria de desechos.

Por último, la investigación buscó no solo restaurar la cuenca desde un punto de vista ecológico, sino también buscó fortalecer su capacidad hídrica para enfrentar los desafíos ambientales como la sequía y las inundaciones. Aunque actualmente el río no se utiliza para actividades socioeconómicas debido a su alto nivel de contaminación, su papel en la regulación del flujo hídrico es crucial para la región. Al mejorar las zonas riparias y gestionar los residuos sólidos, se espera que la cuenca recupere su función

natural de regulación hídrica, lo que contribuirá a la resiliencia de los ecosistemas y, en consecuencia, a la protección del entorno natural circundante.

Posterior a los puntos anteriores, puede surgir la interrogante; ¿Es posible que la reforestación y la gestión de residuos transformen la cuenca media-alta del río Liberia, incrementando su resiliencia frente al cambio climático y otros desafíos ambientales? Dicho de esta manera, esta investigación busca responder a esta pregunta, analizando cómo la restauración de zonas riparias y el manejo adecuado de residuos pueden reducir la erosión, mejorar la calidad del agua y fortalecer el equilibrio ecológico de la cuenca. Lo que conlleva a que la hipótesis pueda ser planteada de la siguiente manera: “Una intervención adecuada no solo beneficiará el ecosistema, sino que también restablecerá la función reguladora del río, crucial para la comunidad y el medio ambiente local”.

De esta manera, la investigación también no solo buscó comprender y mitigar los desafíos actuales que enfrenta la cuenca del Río Liberia, sino también propone un plan de acción concreto que promueva un equilibrio duradero entre la naturaleza y las comunidades humanas. Aplicando las medidas propuestas, se pretendió no solo restaurar la cuenca, sino también mejorar la calidad del entorno natural, garantizando así un enfoque holístico que refuerce la resiliencia tanto ecológica como hídrica de la región.

1.4. Objetivos del Proyecto

A partir de la situación y la problemática señalada, el proyecto plantea una serie de objetivos a alcanzar con la intención de atender adecuadamente los aspectos relevantes de dicha problemática.

1.4.1. Objetivo General del Proyecto

- ✓ Desarrollar una propuesta de lineamientos claros y acciones estratégicas para la recuperación gradual y sostenible de las zonas riparias y la gestión adecuada de los residuos sólidos de la cuenca media del Río Liberia.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar y señalar las áreas críticas de la zona media de la cuenca del Río Liberia que requieren intervención urgente en términos de reforestación riparia y gestión de residuos sólidos.
- ✓ Diseñar estrategias de reforestación utilizando especies nativas para restaurar las zonas riparias, con el fin de controlar la erosión de las riberas y mejorar el hábitat de la fauna local.
- ✓ Elaborar los componentes de un plan de manejo de residuos sólidos en la cuenca, que incluya la remoción, correcta disposición y prevención de acumulación futura de residuos, involucrando activamente a las comunidades locales.

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco institucional

Dentro del marco referencial o institucional, la investigación se fundamenta en la interacción de diversas entidades: primeramente y como eje principal del marco institucional, está la Municipalidad de Liberia, que desempeña un papel esencial en la gestión local y la toma de decisiones relacionadas con el uso de recursos hídricos y el desarrollo sostenible en la zona de estudio. Su colaboración es crucial para implementar medidas efectivas de restauración y garantizar la participación activa de la comunidad.

Considerando lo anterior, el siguiente actor institucional sería el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAЕ), es la entidad gubernamental central que lidera la política ambiental y la protección de los recursos naturales por medio del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y regionalmente a través del Área de Conservación Guanacaste, (ACG). Este colabora estrechamente con la Municipalidad para alinear estrategias y garantizar la coherencia con la Ley Orgánica del Ambiente.

Además de las anteriores, la Universidad Nacional (UNA) desempeña un rol significativo al proporcionar experiencia técnica y científica. A través de investigaciones

y proyectos conjuntos, contribuye al desarrollo de estrategias basadas en evidencia para la restauración de la cuenca y la mejora de la calidad del agua.

El Ministerio de Salud es clave para evaluar y abordar los impactos directos e indirectos en la salud humana relacionados con la calidad del agua en la cuenca. Su participación garantiza un enfoque integral que considera tanto la salud ambiental como la pública.

2.2. Marco Conceptual

Biodiversidad

La biodiversidad puede llegar a entenderse no sólo como la variedad de la vida a nivel de genes, especies y ecosistemas, sino también como una construcción ecocultural del territorio, en la cual la interacción entre seres humanos y la diversidad biológica juega un papel crucial. Este enfoque integrador sugiere que la biodiversidad puede definirse de una mejor manera como el resultado de complejas relaciones bioculturales, donde los seres humanos son los actores fundamentales, y no meros observadores, en la dinámica ecosistémica de los seres vivos (Rozzi et al., 2003; Vásquez, 2007).

Cuenca hidrográfica

De acuerdo con Harbaugh (1972), citado en Araque et al. (2019) una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, la cual se ve drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de aguas hasta su salida (desemboca). Usualmente, una cuenca hidrográfica tiende a ser utilizada como unidad de planificación para los recursos hídricos.

Araque, Vásquez, Mancheno, Álvarez, Prehn, Cevallos y Ortiz (2019) describen en su obra Cuencas hidrográficas, una serie de funciones que posee una cuenca hidrográfica dentro de un ecosistema, los cuales solamente serán citados: función ambiental, función ecológica, función hidrológica y función socioeconómica. Estas funciones, convierten a las cuencas hidrográficas en un aspecto importante para el proyecto.

Contaminación

La contaminación es un término muy común y usado en la sociedad mundial, pero este concepto se define como la introducción de sustancias o energía en el medio ambiente

que provocan efectos adversos sobre los ecosistemas, la salud humana, y la calidad de los recursos naturales. Este fenómeno puede manifestarse en diferentes formas, tales como la contaminación del aire, agua, suelo, y contaminación acústica, entre otras. Desde un punto de vista científico, la contaminación se evalúa por su capacidad para alterar el equilibrio natural, dañando la flora y fauna, y degradando los servicios ecosistémicos esenciales para la vida en la Tierra (Boisier, 2003; Vásquez, 2007).

Corredor Biológico

De acuerdo con Bennet (2004), citado en Martínez-Salinas & DeClerck (2010), los corredores biológicos son una de las primeras recomendaciones prácticas que surgieron de estudios de fragmentación de hábitats, para enlazar esos hábitats aislados, que poseen diversidad ecológica y que sirven puente. Este concepto ha venido a desarrollarse de una manera interesante, que autores como Bennet (2004), citado en Martínez-Salinas & DeClerck, (2010), se define como una estrategia de conservación, tanto que actualmente es eje fundamental en todos aquellos planes de conservación a nivel país.

Los corredores biológicos juegan un papel fundamental dentro de la dinámica conservacionista, dado que representan áreas de interés que general comprenden mosaicos de diferentes usos de suelos que tratan de conectar con otras áreas que fueron convertidas en paisajes manejados o intervenidos por el ser humano, modificando así su funcionamiento ecológico natural (Martínez-Salinas & DeClerck, 2010)

Erosión

Según Kirkby & Morgan (1984) citado en Castillo (1992), la erosión del suelo es la remoción del material superficial por la acción selectiva del viento o el agua. Considerando la naturaleza de este trabajo se establece que la erosión hídrica es el tipo de erosión que se produce producto del agua, en cualquiera de sus modalidades, tales como la lluvia, vertidos, o bien el cauce natural de los cuerpos de agua en espacios como ríos y otros, Castillo (1992).

De acuerdo con Castillo (1992), la erosión hídrica es una de las más intensas y que mayor impacto provoca, ya que la lluvia, por ejemplo, no se infiltra adecuadamente en la superficie terrestre y fluye sobre ella. Al desplazarse a una velocidad considerable, puede arrastrar materiales mediante la fuerza hidráulica del flujo, convirtiéndose en el principal proceso de desgaste. Este fenómeno se agrava cuando la vegetación superficial es nula o ha desaparecido debido a la deforestación causada por el ser humano.

Gestión de residuos sólidos

Para efectos del presente trabajo, la definición de este concepto puede considerarse de manera subjetiva. Sin embargo, de acuerdo con la Ley para la Gestión Integral de Residuos, N.º 8839, de la Constitución Política de Costa Rica, en el Capítulo I – Disposiciones Generales, artículo 6 – Definiciones –, se establece que la “Gestión Integral de residuos” es “un conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final” (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2010).

Índice Holandés

La calidad de los cuerpos de aguas superficiales puede determinarse por medio de los análisis de distintos indicadores, aunque en Costa Rica uno de los más utilizados es el llamado Índice Holandés, el cual se basa en tres principios o indicadores claves, tal como: la demanda bioquímica de oxígeno, el nitrógeno amoniacal y el oxígeno disuelto. Este último indicador se utiliza expresando el porcentaje de saturación de oxígeno en el agua (Calvo Brenes & Mora Molina, 2012).

Para este indicador de medición, la metodología de análisis fue establecida en el manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, el cual asigna una puntuación a cada variable para su clasificación y evaluación de la calidad del agua (Calvo Brenes & Mora Molina, 2012). Este índice es el utilizado en el HIDROCEC de la Universidad Nacional en cada estación de muestreo en el río Liberia en su zona media-alta.

Manejo Integrado de Cuencas (MIC)

Tal como su nombre lo indica, este concepto se refiere a un enfoque multidisciplinario que sirve para la gestión y conservación de los recursos naturales que forman parte de las cuencas hidrográficas.

El Manejo Integrado de Cuencas (MIC) está conformado por dos componentes. El primero es una estrategia técnica orientada a mejorar la conservación del suelo y el agua a través de la adopción de nuevas prácticas agrarias, y el segundo es una estrategia metodológica, conocida como planificación participativa (Ortiz, 2009).

Restauración

De acuerdo con la Ley de Biodiversidad N° 7788 de Costa Rica de 1998, se establece en su artículo 53 que la restauración, recuperación y rehabilitación de los ecosistemas, las especies y los servicios ambientales que brindan estos, deben ser fomentados por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), y los demás entes públicos, mediante planes y medidas que contemplen un sistema de incentivos de acuerdo con la ley descrita anteriormente (Sistema Costarricense de Información Judicial [SCIJ], 2024).

Para efecto del presente trabajo, es necesario conocer el concepto como restauración ecológica activa, el cual consiste en la restauración de los ecosistemas cuando están muy degradados y estos, no pueden regenerarse solos, o bien es muy lenta su regeneración; por lo que necesitan la implementación de estrategias para lograr la recuperación en sus diferentes fases y superar las barreras que impiden la regeneración (Vargas, 2007).

Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos pueden definirse como todos aquellos beneficios que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos en el entorno que los rodea. Se conocen cuatro categorías principales: 1. Servicios de Provisión, 2. Servicios de Regulación, 3. Servicios Culturales y 4. Servicios de Soporte. Todos estos servicios contribuyen al mantenimiento del equilibrio ecológico y al bienestar del ser humano (MEA, 2005).

Las definiciones de este concepto han evolucionado con el tiempo, y considerar una definición única puede resultar limitado, ya que los enfoques aplicables varían considerablemente. Una de las definiciones más recientes, propuesta por Fischer et al. (2009), citado en Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2011), establece que los servicios ecosistémicos son fenómenos estrictamente ecológicos (estructura, procesos o funciones), cuyo uso, pasivo o activo, puede ser directo o indirecto, y solo se convierten en servicios si el ser humano se beneficia de ellos..

Zona Riparia

Ramírez-Soto et al. (2021) definen a las zonas riparias como la región de transición e interacción entre el medio acuático y terrestre, la cual incluye todos aquellos elementos bióticos y abióticos que se encuentran influenciados por un cuerpo de agua de estacionalidad perenne, intermitente o transitoria, entre ellos se mencionan lagos, ríos, arroyos y estuarios.

Las zonas riparias son características e importantes dado que las raíces de la vegetación riparia reducen la velocidad de los flujos de agua y refuerzan la estabilidad de las orillas, evitando uno de los problemas más comunes en el margen del cauce: la erosión hídrica (Ramírez-Soto et al., 2021).

y gestión de residuos sólidos

2.3. Marco Normativo

En esta sección se señala una serie de normas que proporcionan el marco legal general para la gestión sostenible del agua y la protección del medio ambiente. Estas leyes guían las acciones de las entidades involucradas y establecen normas para la preservación de los recursos hídricos. A continuación, se establece la relación existente con el presente trabajo:

1. **Ley de Aguas N°276:** Esta ley estableció el marco legal para la gestión de los recursos hídricos en Costa Rica, regulando el uso, conservación y protección del agua. Resultó clave para la investigación, ya que determinaba los criterios para la preservación de los cuerpos de agua y las zonas riparias en la cuenca del río Liberia, asegurando su adecuada gestión y recuperación.

2. **Ley de Biodiversidad N°7788:** Esta ley regula el uso y conservación de la biodiversidad en Costa Rica, promoviendo la sostenibilidad de los ecosistemas. En el contexto de la investigación, la ley apoyó la restauración de las zonas riparias al establecer directrices para la conservación de especies nativas y la protección de hábitats esenciales, mejorando así la resiliencia ecológica de la cuenca.
3. **Ley Orgánica del Ambiente N°7554:** Esta ley estableció el marco general de protección ambiental en el país, estableciendo principios de sostenibilidad y la obligación de conservar los recursos naturales. La investigación se basó en esta normativa para orientar las acciones de restauración ambiental en la cuenca, dado que promueve la conservación de zonas riparias y la gestión de residuos sólidos.
4. **Ley Forestal N°7575:** Esta normativa regula el uso y conservación de los recursos forestales en Costa Rica, incluyendo las áreas riparias. Resultó fundamental para la investigación porque permitió el desarrollo de programas de reforestación con especies nativas en las zonas más degradadas de la cuenca del río Liberia, facilitando el control de la erosión y la restauración ecológica.
5. **Reforma Ley Forestal N°10210:** La reforma de la Ley Forestal modificó aspectos clave relacionados con la protección y restauración de los bosques en Costa Rica. En el marco de la investigación, esta reforma permitió la implementación de estrategias más efectivas para la reforestación y restauración de las zonas riparias afectadas.
6. **Reglamento Ley Forestal N°16886-MAG:** Este reglamento especifica las normas de implementación de la Ley Forestal, incluyendo la protección de las áreas forestales y su relación con los recursos hídricos. Fue relevante en la investigación al establecer las pautas para la gestión de los bosques riparios y el control de la deforestación en la cuenca.
7. **Decreto N°30480-MINAE, 2002:** Este decreto promueve la conservación de los ecosistemas y recursos naturales bajo la gestión del MINAE. Fue relevante para la investigación al proporcionar lineamientos para la protección de las zonas riparias y la regulación de las actividades humanas en áreas sensibles de la cuenca.

8. **Decreto N°32868, 2002:** Este decreto establece regulaciones adicionales para la protección de los recursos hídricos y los ecosistemas riparios. En la investigación, este decreto ayudó a orientar las acciones de manejo sostenible de los recursos en la cuenca del río Liberia, asegurando la integridad ecológica de las áreas intervenidas.
9. **Reforma al Decreto Ejecutivo N°32868-MINAE:** La reforma de este decreto ajusta las normativas para la protección de los ecosistemas acuáticos. Fue relevante en la investigación, ya que permitió afinar las estrategias de manejo de residuos sólidos y restauración de zonas riparias, contribuyendo a mejorar la resiliencia hídrica y ecológica de la cuenca.
10. **Decreto Ejecutivo 34433-MINAE:** El Decreto Ejecutivo N.º 34433-MINAE, conocido como Reglamento a la Ley de Biodiversidad, establece directrices para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en Costa Rica, lo contribuye con la propuesta del trabajo en términos de conservación ambiental, ofreciendo un marco legal a la investigación concluyente y vinculante.
11. **Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839:** En el contexto de esta ley, es importante incluirla ya que enfatiza en la responsabilidad conjunta de los generadores de residuos, por lo tanto, afectará directamente en la propuesta de la promoción de la educación ambiental, y la colaboración comunitaria fortaleciendo la participación local. Además, la ley prioriza los procesos a la gestión de los residuos, siendo base sólida para sustentar la propuesta. También como ley, establece las sanciones que pueden aplicarse en cualquier proceso legal que pueda iniciarse para salvaguardar la integridad de la cuenca.

Cada uno de estos marcos legales y normativos desempeñó un rol esencial en la regulación de las actividades de conservación, restauración y manejo de residuos en la cuenca del río Liberia, brindando el fundamento legal necesario para la implementación de las acciones propuestas en la investigación.

3. MARCO METODOLÓGICO

La investigación se desarrolló en la comunidad de Liberia, Guanacaste, y tiene como objetivo la recuperación de las zonas riparias en una de las cuencas hidrográficas más importante de la provincia de Guanacaste. De esta investigación se espera obtener una propuesta de acción para la recuperación paulatina de la cuenca del Río Liberia. Durante muchos años, esta cuenca ha sido una de las más contaminadas por la proliferación urbana sin planificación estratégica que ha sufrido la ciudad, y por muchos otros aspectos sociales de la comunidad.

3.1. Fuentes de información

Las fuentes de información desempeñan un papel fundamental en la construcción del conocimiento y el desarrollo de investigaciones sólidas. En la era actual, caracterizada por una avalancha de información, la habilidad para discernir fuentes confiables y relevantes se vuelve esencial, por lo tanto, es de crucial importancia identificar y definir los canales de información más adecuados para el presente trabajo de investigación.

3.2. Fuentes Primarias

La investigación se alimentó de fuentes de información primarias que son propias de documentos y conocimientos de las partes interesadas como la municipalidad y el MINAE, así como entrevistas a expertos locales, incluyendo investigadores del HIDROCEC de la Universidad Nacional (UNA) y personas especializadas naturalistas del sector turístico; esto fue relevante para fundamentar y enriquecer el desarrollo de cada variable dentro de la investigación.

Además, se obtuvo información de instrumentos de recolección de información, que se aplicaron en algunas de etapas iniciales de la investigación. También, las fuentes de información primaria se obtuvieron de la observación y visitación a la zona de estudio.

3.3. Fuentes Secundarias

Después de las fuentes primarias, la investigación se apoyó en fuentes bibliográficas de autores tanto nacionales como internacionales. Este enfoque permitió analizar diversas perspectivas y obtener una visión más amplia de los posibles escenarios que el estudio podría haber enfrentado. Se seleccionaron cuidadosamente las fuentes por

su relevancia y actualidad, lo que facilitó la construcción del marco teórico. Sin embargo, se reconoció que algunas limitaciones bibliográficas podrían haber influido en la profundidad del análisis en ciertas áreas.

3.4. Técnicas de Investigación

La investigación implementó diversas técnicas de recolección de datos, como la aplicación de encuestas a la comunidad cercana a la zona de estudio, con el fin de obtener una perspectiva local sobre las problemáticas ambientales en la cuenca. De igual manera, se realizaron entrevistas a partes interesadas, tales como funcionarios de la Municipalidad de Liberia, académicos de la Universidad Nacional (UNA) y representantes del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), así como a otras personas clave vinculadas a la gestión ambiental de la región.

Además, se llevaron a cabo visitas de campo, que permitieron la observación directa del área de estudio y el desarrollo de criterios analíticos que enriquecieron el enfoque de la investigación y contribuyeron a un análisis más profundo de los resultados.

3.5. Metodología de Investigación.

Debido a sus características, la investigación se diseñó con una metodología de tipo mixta, que incluyó tanto criterios cuantitativos como cualitativos. Este enfoque permitió garantizar la aplicación de herramientas que contribuyeron al cumplimiento del objetivo general planteado en el estudio, proporcionando un análisis integral de los datos y una mayor profundidad en la comprensión del fenómeno investigado.

3.5.1. Aplicación de Métodos Cuantitativos y Cualitativos

En las etapas iniciales de identificación de zonas críticas y recolección de datos sobre el estado actual de la cuenca, se aplicaron métodos cualitativos. A través de entrevistas y observación directa, se recopilaron percepciones y conocimientos de las partes interesadas, lo cual facilitó el entendimiento de las causas y efectos de la contaminación y deforestación en la cuenca.

Posteriormente, en la etapa de análisis de los residuos sólidos y contaminación, se utilizaron métodos cuantitativos. Se realizaron mediciones sobre la cantidad y tipo de residuos en diversas zonas de la cuenca, datos que fueron analizados

estadísticamente para identificar patrones y determinar áreas de intervención prioritarias. También en la determinación de las extensiones de las zonas críticas.

En la fase de evaluación del impacto de las intervenciones propuestas, se integraron métodos cuantitativos y cualitativos. Se usaron métodos cuantitativos para medir los cambios en la calidad del agua (Datos del HIDROCEC) y la proyección de la cobertura de vegetación nativa, y métodos cualitativos para obtener retroalimentación de la comunidad sobre la efectividad y aceptación de las intervenciones propuestas. Este enfoque combinado permitió evaluar de forma integral el impacto del proyecto.

Finalmente, en la fase de monitoreo y ajuste de las estrategias de intervención, se retomaron métodos cualitativos, principalmente a través de entrevistas y observaciones de campo, para identificar mejoras y adaptaciones necesarias en la gestión y restauración de la cuenca.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Tal como se ha expuesto previamente, esta investigación tiene como propósito fundamental abordar los retos ambientales que enfrenta la zona media-alta de la cuenca del Río Liberia, centrándose especialmente en la restauración de zonas riparias y la gestión integral de residuos sólidos. El proyecto se fundamenta en tres pilares esenciales que, al interactuar, deberían generar un impacto sostenible y holístico, estos ejes son:

- La mejora de la resiliencia ecológica,
- El fortalecimiento de la capacidad hídrica, y
- La participación activa de la comunidad en la gestión ambiental.

Para la investigación se plantearon una serie de objetivos académicos específicos que son los que orientan la consecución de los productos que se describen en este capítulo. Por lo tanto, es de relevancia mantener presente la guía que sustenta esta investigación:

1. Identificar y señalar las áreas críticas de la zona media de la cuenca del Río Liberia que requieren intervención urgente en términos de reforestación riparia y gestión de residuos sólidos.
2. Diseñar estrategias de reforestación utilizando especies nativas para restaurar las zonas riparias, con el fin de controlar la erosión de las riberas y mejorar el hábitat de la fauna local.
3. Diseñar los componentes de un plan de manejo de residuos sólidos en la cuenca, que incluya la remoción, correcta disposición y prevención de acumulación futura de residuos, involucrando activamente a las comunidades locales.

4.1. Áreas críticas para la intervención y la restauración.

El presente apartado tiene como objetivo principal identificar y describir las áreas críticas dentro de la zona media-alta de la cuenca del río Liberia que requieren intervención urgente para mejorar su resiliencia ecológica e hídrica. Para ello, se realizó una identificación de estas zonas mediante imágenes satelitales, visitas de campo y la opinión de la comunidad encuestada, lo que permitió visualizar y delimitar las áreas más afectadas por la degradación ambiental, entre ellas la pérdida de cobertura vegetal en las zonas riparias. La identificación de estas áreas es fundamental para priorizar las acciones de restauración y manejo sostenible de la cuenca.

La encuesta se llevó a cabo en la ciudad de Liberia, donde se aplicaron un total de 65 encuestas: 45 de forma digital (a través de redes sociales y correos electrónicos) y 20 de manera presencial durante las visitas de campo. El 46% de los encuestados fueron hombres y el 54% mujeres (ver Anexo 5). Participaron catorce comunidades, de las cuales seis (La Victoria, La Carreta, El Sitio, El Peloncito, El Capulín y Condega) están estrechamente vinculadas con la delimitación de la zona de estudio. Las comunidades restantes son adyacentes a dicha zona (ver Anexo 6).

Al señalar las áreas más críticas, se facilita la toma de decisiones para la implementación de acciones específicas, como la reforestación con especies nativas y la mejora en el manejo de los residuos sólidos. Asimismo, este análisis contribuye a la

planificación de intervenciones que maximicen los beneficios ecológicos, hidrológicos y sociales, fortaleciendo la capacidad de la cuenca para enfrentar los desafíos actuales y futuros derivados del cambio climático y la actividad humana.

Este análisis no solo identifica las áreas más vulnerables, sino que también describe los factores que han llevado a la degradación de estas zonas, como la deforestación, la agricultura no sostenible y la urbanización no planificada. De esta manera, se proporciona un marco integral para la intervención, buscando tanto la restauración ecológica como el involucramiento comunitario en la gestión de los recursos naturales.

Por consiguiente, la delimitación de la zona media-alta para el proyecto comprende los espacios desde el punto geográfico de la Saca de Agua (ubicado al noreste de la ciudad, cerca del sistema montañoso) en las coordenadas 10°38'30" latitud Norte, 85°25'05" longitud Oeste, hasta la planta de tratamiento de aguas negras del AYA (ubicada al suroeste del centro de la ciudad, en la parte más llana del cantón) en las coordenadas 10°37'20" latitud Norte, 85°27'37" longitud Oeste.

Esta extensión de terreno que cruza el río Liberia corresponde a la zona urbana de la ciudad. Debido a la mala planificación urbanística y las diferentes intervenciones antrópicas, la urbanización ha invadido esta franja de terreno característica de la zona riparia, destruyendo hábitats y ecosistemas importantes.

De acuerdo con Burgos López & Useche Basto (2019), se ha resaltado que la extensión de dicha franja no debe ser inferior a los 30 metros de ancho a cada lado de los cauces de los ríos, favoreciendo la no degradación de la zona de ronda hídrica. Considerando esto, se ha establecido que la extensión mínima aceptable será de 30 metros, con la posibilidad de ampliarla hasta 50 metros en algunas áreas, dependiendo de las características de la cuenca entre los puntos delimitados como la zona media-alta.

Las intervenciones antrópicas a lo largo del cauce del río en el área urbana de la ciudad han contribuido significativamente a la degradación de las zonas riparias, lo que refleja la necesidad urgente de abordar esta problemática que se ha intensificado con el tiempo. Es crucial restaurar las franjas riparias en las áreas con capacidad de

regeneración, siempre que no hayan sido invadidas por viviendas, ya que estos espacios son vitales tanto para el río como para la comunidad. Además, la importancia de recuperar el río es aún más evidente al considerar que el 86.2% de los encuestados (55 personas) (ver Anexo 7) nunca han visitado el río o sus zonas cercanas para realizar alguna actividad. Esto sugiere la pérdida del valor social y ecológico de este recurso, lo cual debe revertirse a través de iniciativas de restauración y concientización.

A continuación, se presentan algunas imágenes satelitales de la plataforma Google Earth, recopiladas el 17 de febrero de 2024, para observar la situación desde una vista aérea.

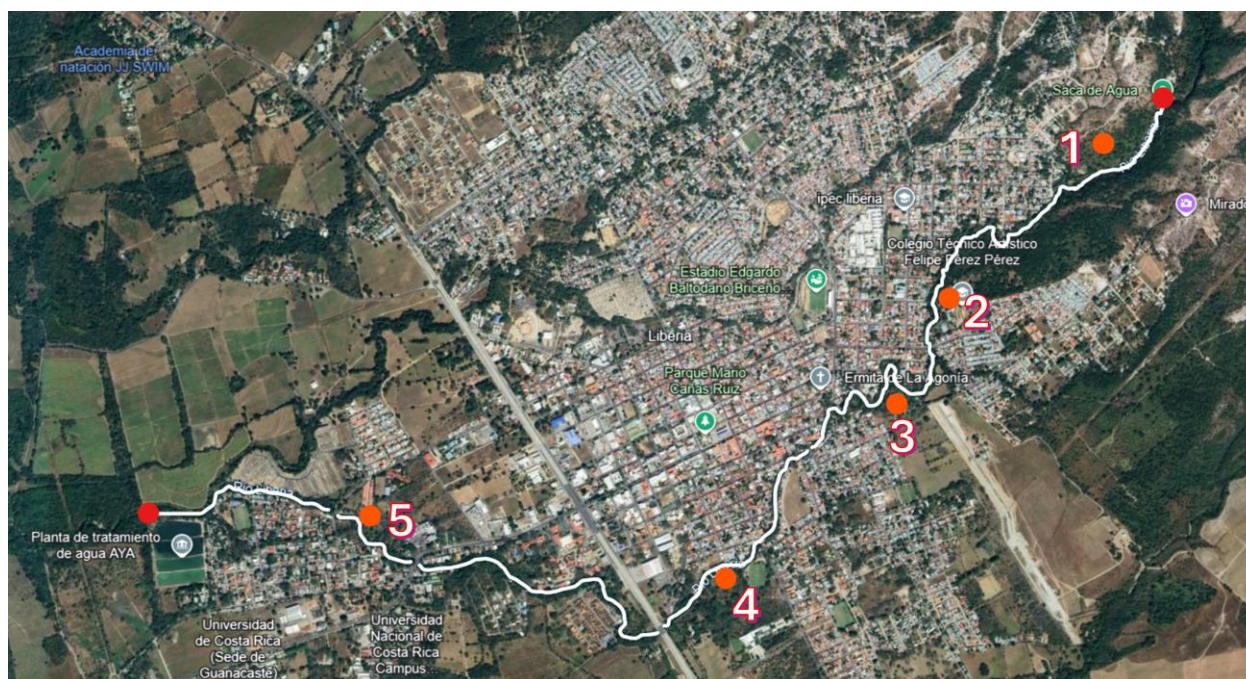


Figura 3. Identificación de la zona media-alta de estudio del río Liberia, para la identificación de las zonas riparias con mayor vulnerabilidad y deterioro. Elaboración propia del trazo del río con imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

Una vez recopilada la información con la encuesta, la comunidad liberiana expresó su opinión. De acuerdo con los datos obtenidos, un 87.7% (57 personas) considera que el área estudiada presenta contaminación y/o acumulación de residuos sólidos. Por otro lado, el 3.1% (2 personas) indica que el río no tiene contaminación, mientras que el 9.2% (6 personas) no está seguro (ver Anexo 8).

Con esta información, se han identificado cinco zonas de atención para la intervención y restauración de la cobertura vegetal de la zona riparia. Estas zonas se localizan a lo largo del cauce del río y se han definido gracias a la geolocalización obtenida mediante imágenes satelitales y las visitas de campo realizadas, complementadas con la información inicial.

4.1.1. Zona Crítica No. 1

La primera área crítica corresponde al sector ubicado en el punto de inicio de la parte más alta de la zona de estudio, cerca de la Saca de Agua. A continuación, se muestra la figura que ilustra el área identificada:



Figura 4. Identificación de la zona crítica número 1 (Saca de Agua) del río Liberia, para la intervención y recuperación riparia. Elaboración propia del trazo con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

Esta zona tiene una combinación de características típicas de la región del Pacífico norte de Costa Rica. Es predominantemente plana, con algunas ondulaciones

causadas por las correntadas de agua en la época lluviosa. El terreno está conformado principalmente por una mezcla de suelos inceptisoles³ y suelos entisoles⁴.

Los inceptisoles son suelos jóvenes (recientes, aunque tienen niveles de fertilidad moderados) y son el producto de la meteorización, que es la descomposición de minerales y rocas en la superficie terrestre. Estos minerales se localizan en los sedimentos aluviales, haciendo referencia a todos aquellos materiales poco desarrollados y transportados por corrientes de agua (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA], 2015).

Además, los suelos entisoles son aquellos derivados de fragmentos de roca suelta. Al igual que los inceptisoles, son de formación reciente y se forman en abanicos aluviales. Presentan baja fertilidad y, mineralmente hablando, están débilmente desarrollados. Generalmente, pueden ubicarse en tierras erosionadas o semiáridas (INTA, 2015).

La vegetación predominante de la zona señalada es típica del bosque tropical seco, caracterizada por árboles principales como el Pochote, Roble Encino, Guácimo, Espavel, Guanacaste, Cortez Amarillo, Cornizuelo, Indio Desnudo, Viscoyol, Chilamate de río, entre otros, y algunos matorrales como el terciopelo (comúnmente conocido como picapica), Chan y Jaragua (Jiménez, J. & González, E., 2001).

Esta primera zona abarca una extensión mayor que los 30 o 50 metros propuestos, ya que al otro lado del cauce se encuentra el Parque de Recreación del Este de Liberia, que mantiene una buena cobertura boscosa. Con este proyecto se busca igualar la densidad vegetal del área señalada en la figura 2. El punto conocido como la Saca de Agua es una de las estaciones de muestreo actualmente monitoreadas por el centro de investigación del HIDROCEC-UNA, y presenta una concentración de contaminación bastante baja. Esta zona es candidata para la reforestación y la gestión de desechos sólidos.

³ Se consideran suelos recientes. Son una etapa juvenil de futuros suelos de los órdenes de los Ultisoles y Oxisoles. Es uno de los suelos con mayor diversidad para el desarrollo de actividades agropecuarias.

⁴ Son suelos derivados de fragmentos de roca suelta, su origen es muy reciente formados sobre abanicos aluviales, llanuras de inundación. Estos suelos deben ser manejados y utilizados generalmente para protección o regeneración natural de bosques.

El cauce del río en esta área atraviesa un cañón de formaciones rocosas, con tramos profundos y una vegetación escasa. Esto da lugar a paisajes impresionantes y hermosos, que se pretende recuperar en gran medida en las zonas identificadas.

4.1.2. Zona Crítica No. 2

La segunda zona crítica es conocida como el Colegio Artístico Felipe Pérez. Aunque está muy cerca geográficamente de la zona 1, se considera que, por su posición estratégica dentro de la propiedad del colegio, puede ser un punto clave para mejorar la salud del río. Además, esta ubicación permite la participación de la comunidad estudiantil en programas de educación ambiental. A continuación, se presenta el área identificada:



Figura 5. Identificación de la zona crítica número 2 (Colegio Felipe Pérez) del río Liberia, para la intervención y recuperación riparia. Elaboración propia del trazo con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

Al igual que la zona anterior, esta también fue propuesta por la comunidad para ser intervenida. El suelo de esta área está clasificado como inceptisoles, con bajos niveles de fertilidad, lo que ha permitido que el Roble Encino predomine en el lugar, ya que es un árbol resistente que puede desarrollarse en condiciones adversas. Aunque esta zona ha sufrido deforestación debido a la edificación del colegio, se considera que la intervención ha sido desproporcionada en relación con las áreas de construcción.

Debido a su proximidad con el Parque de Recreación del Este de Liberia, esta zona podría ser clave para el mantenimiento de los ecosistemas circundantes. En cuanto a la vegetación, la zona está dominada por árboles de Roble Encino, que son fáciles de identificar y predominan en el paisaje natural. A diferencia de la zona 1, esta área ha sido más afectada por la intervención humana y la urbanización de la ciudad.

4.1.3. Zona Crítica No. 3

Para la tercera zona crítica, identificada mediante imágenes satelitales y visitas de campo en la zona de estudio, se determinó que la zona conocida como Finca La Carreta es otra área que puede ser intervenida y restaurada. En esta zona, el casco urbano de la ciudad de Liberia ha invadido las zonas riparias de la cuenca. Las edificaciones están muy cerca del cauce del río, lo que ha agravado el impacto ambiental.

En consecuencia, esta tercera zona se considera de importancia estratégica debido a la disponibilidad de amplios espacios que permiten la restauración de áreas riparias en un casco urbano que ha crecido de manera descontrolada. Se prevé que la zona señalada en rojo sea adecuada para la recuperación de diversos ecosistemas. A continuación, se presenta la Zona Crítica 3, destacada en los espacios rojos; sin embargo, es posible que se amplíe a otras áreas si es necesario.

A continuación, se logra presentar la localización de las zonas propuestas para la intervención:



Figura 6. Identificación de la zona crítica número 3 (Finca La Carreta) del río Liberia, para la intervención y recuperación riparia. Elaboración propia del trazo con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

En la zona identificada prevalece el árbol de Roble de Encino, así como también el nance, el pochote y algunos ejemplares del árbol de guanacaste. La mayor parte de la extensión riparia circundante se encuentra deforestada debido a las actividades agrícolas propias de la finca.

Esta zona presenta suelos de tipo inceptisoles, que, al igual que en la Zona 2, se caracterizan por ser planos y con pocas ondulaciones. Estos suelos son aptos para una variedad considerable de actividades agropecuarias, como el cultivo de caña de azúcar, cacao, café, granos básicos, frutas, melón, sandía, raíces, tubérculos y ganadería, entre otros (INTA, 2015).

Por esta razón, la finca La Carreta podría ser un punto estratégico en la recuperación del río Liberia. Aunque cambiar la actividad productiva de la finca hacia una orientación

conservacionista representa un desafío, se puede promover la restauración de esta franja, crucial para la salud del río, convirtiéndola en una pieza clave.

4.1.4. Zona Crítica No. 4

A continuación, se presenta la ubicación cartográfica de la zona crítica número 4, junto con la zona del Parque Ecológico de Liberia.



Figura 7. Identificación de la zona crítica número 4 (Parque Ecológico de Liberia) del río Liberia, para la intervención y recuperación riparia. Elaboración propia del trazo con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

Esta es la zona que más participación tuvo en la encuesta aplicada. La ciudadanía se identifica con ella, ya que es una zona en abandono que los mismos pobladores circundantes desean recuperar. La Zona Crítica 4, ubicada al este del centro de la ciudad de Liberia, también presenta suelos de orden Inceptisol. Estos suelos, caracterizados por su estructura relativamente joven y plana, son adecuados para diversas actividades agropecuarias. Dada su superficie plana y su capacidad para

soportar diferentes usos productivos, son apropiados para iniciativas de restauración y manejo ambiental.

Esta zona es de gran importancia para el proyecto debido a su extensión considerable que se planea intervenir, siendo la más amplia de las áreas de intervención. Su tamaño y ubicación estratégica puede permitir una integración efectiva de las acciones de restauración con los esfuerzos de conservación a nivel local, haciendo que su recuperación tenga un impacto significativo en la mejora de la salud ecológica de la región.

En la investigación, se ha determinado que es crucial no solo recuperar la zona riparia dentro de esta área, sino también abordar la extensión de terreno marcada en amarillo (ver figura 5), que ha sido moderadamente deforestada. La recuperación de estas áreas con especies de mayor cobertura foliar es esencial para restablecer la conectividad ecológica y promover la regeneración del bosque. El esfuerzo de restauración debe centrarse en la reforestación y la protección de los ecosistemas afectados para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del Parque Ecológico de Liberia.

El parque se caracteriza por albergar ecosistemas propios del bosque seco tropical, uno de los más representativos de la región de Guanacaste. La vegetación incluye: Árboles caducifolios, que son las especies que pierden sus hojas durante la estación seca, como el guanacaste (árbol nacional de Costa Rica), el pochote y el roble de sabana. Además, los Bosques de galería se encuentran a lo largo de los ríos y quebradas, con especies como el ceibo, indio desnudo en algunas partes, el espavel y el Roble de Encino.

Esta área amarilla, junto con la margen del río Liberia (áreas resaltadas en rojo), es un área protegida de acuerdo con lo establecido en el decreto N°26562-MINAE, y su administración es competencia del Estado. El artículo 3° indica que la margen del río Liberia, ubicada dentro del parque ecológico, estará sometida a las limitaciones establecidas en el artículo 33 de la Ley Forestal N°7575. Asimismo, el artículo 7° del decreto establece que esta área pasa a formar parte del Área de Conservación Guanacaste (ACG), lo que resalta la importancia ecológica de estas zonas y subraya la

relevancia de recuperarlas (Sistema Costarricense de Información Judicial [SCIJ], 2024).

La entrevista con el naturalista Ciro Ruiz destacó que el parque alberga mamíferos como monos congo, ardillas, zorros grises y armadillos, además de aves como chachalacas, yigüirros, urracas y especies migratorias. También es hábitat de reptiles y anfibios, como iguanas, garrobos, serpientes no venenosas, ranas y sapos, lo que resalta la relevancia de esta zona..

4.1.5. Zona Crítica No. 5

Esta última área identificada se localiza al sur de la ciudad, tomando como punto de referencia el parque central. Está influenciada por zonas residenciales circundantes a la franja riparia, pero las áreas marcadas en rojo poseen espacios suficientes para la recuperación de los terrenos degradados. A continuación, se presenta la localización de la zona crítica número 5, ubicada en el barrio El Capulín, cerca de la zona del Liceo Laboratorio de la ciudad de Liberia.



Figura 8. Identificación de la zona crítica número 5 (Barrio Capulín) del río Liberia, para la intervención y recuperación riparia. Elaboración propia del trazo con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, 2024.

Esta zona se encuentra bastante deforestada, siendo la zona cercana al puente, al lado oeste de la margen del río, donde se evidencia una franja más ancha en el dibujo de la zona marcada en la imagen satelital de Google Earth.

El espacio es relativamente plano, con algunas ondulaciones cerca de la margen del río. Posee suelos de tipo inceptisoles, lo que favorece al proceso de la reforestación. En algunos tramos de esta zona, se localizan suelos muy permeables y característicos como excelentes drenajes; a este suelo se le conoce como cascajo, ya que es de textura gruesa, compuesto por partículas gruesas como grava, piedras pequeñas y fragmentos de roca, y es de color blanco. Por lo tanto, en la imagen satelital se puede observar claramente en la marca naranja de la figura 6.

Gracias a las visitas de campo en las zonas identificadas como críticas, se ha logrado identificar algunos tipos de árboles que conforman la cobertura boscosa actual. Para esta zona crítica 5, se han identificado especies arbóreas como el Roble de Encino, Chilamate de Río, Guanacaste, Nance, Cornizuelo, Cortez amarillo y algunos indios desnudos.

La fauna de esta zona está compuesta básicamente por monos, algunos reptiles como iguanas, garrobos, así como pequeñas serpientes. Claramente, al tener la cercanía del río, la presencia de algunas ranas y sapos es más que evidente, y al tener potreros cercanos, puede haber presencia de algunos otros animales..

En síntesis, esta zona y las demás descritas anteriormente presentan, de una u otra manera, realidades muy similares y son espacios geográficos muy estratégicos que pueden favorecer en la recuperación del río. Estas zonas también se han identificado como aptas para la entrada de personal ambiental, lo que puede facilitar el modelo de gestión de residuos sólidos del río.

En cada zona riparia identificada se busca que las medidas de intervención y restauración conlleven a una mayor protección del margen del río, incidan en el control

de la erosión y en la regulación hídrica, pues la vegetación actuará como esponja natural, absorbiendo el exceso de agua llovida y liberándola gradualmente como un proceso natural. Posteriormente, contribuirá como hábitat de muchos ecosistemas, brindando refugio y alimento. Con esto, el Corredor Biológico Las Morocochas, se verá beneficiado, dado que habrá un mejor movimiento de especies entre áreas fragmentadas.

4.2. Restauración ecológica y capacidad hídrica de la cuenca.

La cuenca del Río Liberia, como muchas en la región de Guanacaste, ha sido afectada por procesos de deforestación, erosión de suelos y cambios en los patrones de uso del suelo, los cuales han alterado significativamente la capacidad hídrica del sistema. Las áreas más impactadas son las zonas riparias, donde la pérdida de vegetación ha reducido la capacidad de la cuenca para regular el flujo de agua, provocando inundaciones en la época lluviosa y sequías prolongadas durante la estación seca.

Con el fin de restaurar estas áreas críticas y fortalecer la capacidad hídrica de la cuenca, es crucial implementar acciones concretas que restauren el equilibrio ecológico y mejoren la estructura verde natural de la región. A continuación, se describen las estrategias clave que incluyen el uso de especies nativas y otras alternativas que favorecen la resiliencia del ecosistema y la capacidad de almacenamiento de agua de la cuenca.

4.2.1. Reforestación con especies nativas

La reforestación con especies nativas es uno de los pilares fundamentales para la restauración ecológica de las cuencas hidrográficas. En el caso de la zona media-alta del Río Liberia, la reforestación tiene como objetivo restaurar las funciones ecológicas de las zonas riparias y las áreas degradadas, mejorar la calidad de los suelos, aumentar la biodiversidad, y contribuir a la regulación del ciclo hidrológico. Además, al emplear especies nativas, se favorece la adaptación al entorno local y se potencia la resiliencia del ecosistema frente a eventos climáticos extremos como sequías o inundaciones.

4.2.1.1. Importancia de la reforestación con especies nativas

De acuerdo con el experto naturalista el señor Ciro Ruiz (Comunicación personal, 6 de setiembre de 2024), el uso de especies nativas en los esfuerzos de reforestación es clave, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- **Adaptación natural al entorno:** Las especies nativas presentan mejores condiciones para ser adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas (del suelo) que presenta la zona de estudio. Con ello, se asegura una mayor resistencia a las sequías y temperaturas extremas típicas del bosque seco tropical que predominan en la región del pacífico norte.
- **Beneficios para la biodiversidad:** Muchas de estas especies proporcionan naturalmente el hábitat y alimento para la fauna local, lo que ayuda a restaurar el equilibrio ecológico de la cuenca contribuyendo a una dinámica ecosistémica más armoniosa. Usar especies nativas contribuye también a la atracción de especies polinizadores como abejas, mariposas y aves, así como fauna más grande que depende de estos árboles para refugio y reproducción.
- **Prevención de la erosión:** El bosque tropical seco uno de los bosques más importante del planeta, y debido a sus características, las especies nativas de este bosque suelen desarrollar sistemas radiculares profundos y robustos que son capaces de fijar el suelo, especialmente en las áreas más cercanas al río, reduciendo la erosión y la sedimentación en los cursos de agua.
- **Ciclo hidrológico:** Quizá una de las razones más importantes es que la utilización de especies nativas puede ayudar a mejorar la capacidad del suelo para retener agua, ya que facilitan la infiltración del agua al suelo y reducen la escorrentía superficial. Otro de los beneficios que podemos encontrar en el uso de especies nativas es que contribuye a la recarga de los acuíferos, y también estabiliza los caudales del río durante las estaciones secas y lluviosas.

4.2.1.2. Selección de especies nativas

Para una buena restauración de las zonas riparias de la cuenca del río Liberia, la selección de especies es un paso crítico en el diseño de un programa de reforestación

exitoso. Por lo tanto, es necesario entender todas las variables que entran en juego cuando decidimos qué especies utilizar, y para ello a continuación se presenta una serie de razones que han sido consultadas con el señor Ruiz, y que ayudarán a tener la mejor selección de especies nativas. Para la cuenca del Río Liberia, se deben priorizar aquellas especies que:

- **Tengan alta tolerancia a condiciones de sequía:** Una de las características climatológicas más marcadas de la zona de estudio (Bosque Seco Tropical) es una alta estacionalidad de la época seca al tener una larga estación seca, por lo tanto, las especies deben ser capaces de sobrevivir con bajas precipitaciones durante meses.
- **Posean sistemas radiculares profundos:** Las especies a elegir para la recuperación de estas zonas riparias, deben poseer sistemas radiculares profundos. Esto permite una mejor estabilización de los suelos y en sí, aumenta la capacidad de retención de agua en las áreas cercanas a las orillas del río.
- **Proporcionen beneficios ecosistémicos:** Uno de los objetivos de la restauración vegetal de las zonas riparias es contribuir en el mejoramiento ecosistémico, y para eso, algunas especies no solo ayudan en la restauración del suelo y el ciclo del agua, sino que también tienen valor para la fauna local y los ecosistemas circundantes, por sus características biofísicas.

En conclusión, la selección de especies nativas para la restauración de las zonas críticas identificadas de la zona media-alta de la cuenca del río Liberia debe basarse en criterios que aseguren su adaptación a las condiciones locales y su contribución al equilibrio ecosistémico. Por lo tanto, a continuación, se presentan cuatro especies nativas que se denominan especies pilares o primarias y algunas otras secundarias.

Las siguientes especies nativas primarias son las que se recomiendan para las zonas críticas dentro del espacio de la investigación en la cuenca del Río Liberia:

a. **Roble de Sabana (*Tabebuia rosea*)**

- **Descripción:** Es un árbol de estructura grande y caducifolio, con flores rosadas o amarillas que florecen al inicio de la estación seca. Posee un

sistema radicular profundo y fuerte. Pueden llegar a alcanzar alturas de hasta 30 metros, y su tronco hasta 1 metro de diámetro. Son muy hermosos y se pueden observar hasta los 1200 msnm (Mundo Forestal, 2022).

- **Función ecológica:** Su copa genera sombra, lo que reduce la evaporación del suelo, mientras que sus profundas raíces ayudan a mantener la estabilidad del suelo. Además, sus flores atraen a muchos polinizadores, contribuyendo a la biodiversidad local. Su reproducción es sencilla y es por medio de semillas, las cuales no necesitan ningún tratamiento pregerminativo (Mundo Forestal, 2022).

b. Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)

- **Descripción:** El guanacaste⁵ es conocido por su gran tamaño y copa extendida. Pueden llegar a crecer de 30 a 40 metros de altura, con copas ampliamente extendidas. Su crecimiento rápido (alcanza su edad reproductiva a los 8 años) lo convierten en una especie apta para la reforestación nativa de pacífico norte (Mundo Forestal, 2022).
- **Función ecológica:** Es altamente efectivo en el control de la erosión debido a su sistema radicular profundo y su capacidad para proporcionar hábitat a diversas especies de fauna. Su sombra mejora las condiciones micro climáticas del suelo, reduciendo la desecación. Sus frutos son alimento de muchos animales y sus semillas se dispersan gracias a interacción con especies animales.

c. Chilamate de Río (*Ficus insipida*)

- **Descripción:** Es un árbol que prospera en zonas cercanas a cuerpos de agua. Tiene grandes hojas y una estructura radicular superficial densa, por lo que, si se reproduce en agrupaciones cercanas, pueden crear diques y gaviones naturales que protegen las orillas de los ríos de la

⁵ El árbol de Guanacaste es símbolo nacional de Costa Rica, por lo que se le denomina el Árbol Nacional de Costa Rica. Su majestuosidad lo cataloga como uno de los árboles más hermosos del pacífico.

erosión. Crecen muy rápidamente, y pueden ser por medio de semillas o por postes vivos. Los arbolitos pequeños son capaces de crecer y desarrollarse sin ningún problema sobre bancos de piedra o arena, en ausencia total de tierra (Mundo Forestal, 2022).

- **Función ecológica:** Sus raíces ayudan a estabilizar los suelos ribereños y prevenir la erosión, mientras que su copa densa ayuda a reducir la velocidad del viento y la pérdida de humedad en las zonas cercanas al río. También posee una función alimenticia ya que produce grandes y carnosos higos silvestres de los cuales se alimentan ávidamente las iguanas, los garrobos, los peces de agua dulce y muchas especies de aves y mamíferos silvestres (Mundo Forestal, 2022).

d. Corteza Amarilla (*Handroanthus chrysanthus*)

- **Descripción:** Este árbol es nativo de la zona, se da hasta los 1200 msnm. Producen flores amarillas brillantes y es altamente resistente a la sequía. Es considerado uno de los 10 árboles más hermosos en floración ornamental en todo el mundo. No produce frutos, pero sus flores son alimento para monos Congos, y garrobos, además de aves insectívoras que llegan por la gran cantidad de insectos que habitan en sus flores y corteza (Mundo Forestal, 2022).
- **Función ecológica:** Al ser una especie de rápido crecimiento y adaptada a suelos pobres, es ideal para restaurar áreas deforestadas. Sus raíces también ayudan a mejorar la estructura del suelo, facilitando la infiltración del agua.

Además de estas cuatro especies nativas, que forman la base del programa de reforestación y restauración boscosa, existen otras especies secundarias que complementan la propuesta de bosque en las zonas riparias. Entre estas especies se incluyen:

a. Roble Encino (*Quercus oleoides*)

- **Descripción:** El Roble Encino es un árbol robusto que puede alcanzar alturas de hasta 18 metros. Es un árbol perennifolio⁶. Su tronco es grueso y su corteza es rugosa y de color gris oscuro. Sus hojas son coriáceas, de un verde oscuro y con bordes ondulados. Este roble es endémico de las zonas de bosques secos y húmedos tropicales, siendo una especie emblemática en áreas de bosque seco en América Central (Blancke – ACG, s.f).
- **Función ecológica:** Su principal función ecológica es la fijación de Dióxido de Carbono (CO₂), por su particularidad de ser perennifolio, y contribuye a la conservación del suelo, gracias a su sistema radicular extenso y profundo. Sirve como fuente de alimento para especies de fauna local como roedores y aves. Por sus grandes copas proporciona sombra y refugio, mejorando el equilibrio de los ecosistemas.

b. Indio Desnudo (*Bursera simaruba*)

- **Descripción:** Son especies que se desarrollan hasta los 1200 msnm, y es una especie de rápido crecimiento, lo que la hace ideal para la restauración de las zonas riparias. Además, se logra desarrollar en condiciones adversas, como en sitios muy áridos, suelos malos, rocosos y/o salinos; además, son resistentes a los fuertes vientos. Se reproduce por semilla, estacas y por estacones (Mundo Forestal, 2022).
- **Función ecológica:** Su principal función es la recuperación de los suelos y la protección de los ríos, gracias a sus profundas raíces. Además, contribuye a la polinización, ya que sus flores atraen abejas e insectos, y sirve de alimento, pues sus frutos son consumidos por monos y ardillas.

⁶ Una especie perennifolia es aquella que mantiene todas sus hojas durante todo el año, caso contrario como ocurre en las especies caducifolias. Sus hojas se renuevan gradualmente y siempre mantienen una cubierta vegetal activa. Esta característica contribuye a la estabilización del suelo y a la captura de Carbono.

Proporciona un importante servicio ecosistémico, siendo fuente de medicina popular que beneficia tanto a los seres humanos como a las especies que interactúan con él (Mundo Forestal, 2022).

c. Espavel (*Anacardium excelsum*)

- **Descripción:** Es del grupo de los gigantes, se localizan hasta los 1200 msnm, casi siempre en las orillas de los ríos. Se desarrollan mejor en suelos profundos y con buen drenaje. Pueden alcanzar hasta los 45 metros de altura, y hasta 2 metros de diámetro. Su sistema radicular es amplio y poderoso.
- **Función ecológica:** Una de las principales funciones ecológicas es que posee una alta capacidad de fijación de Dióxido de Carbono (CO₂), además de contribuir con el proceso de la polinización. Es una especie de enorme importancia para la vida silvestre pues sus frutos alimentan a peces, aves, mamíferos y reptiles que habitan en y alrededor de los ríos donde estos árboles se desarrollan. Interesante atractivo para los murciélagos, los cuales son buenos dispersores de sus semillas (Mundo Forestal, 2022).

d. Guácimo (*Guazuma ulmifolia*)

- **Descripción:** Esta especie es de mediano tamaño y normalmente se localiza en las riberas de los ríos. Por su masiva y fácil reproducción, se adapta bien a las necesidades de la reforestación planificada en las zonas riparias de la zona de estudio.
- **Función ecológica:** El guácimo es reconocido por su capacidad de crecer en suelos degradados y compactos, lo que lo hace clave para la restauración de áreas erosionadas. Sus frutos son consumidos por ganado, caballos y fauna silvestre, como aves y pequeños mamíferos. Este árbol también mejora la fertilidad del suelo a través de la descomposición de sus hojas, aportando nutrientes que enriquecen el ecosistema (Mundo Forestal, 2022).

Las especies seleccionadas, tanto primarias como secundarias, desempeñarán un papel clave en la recuperación de las zonas riparias, contribuyendo significativamente al cumplimiento de los objetivos ecológicos planteados. Su adecuada implementación permitirá que los beneficios ecosistémicos se hagan evidentes en el mediano y largo plazo. No obstante, el éxito de un programa de reforestación no depende únicamente de la elección de las especies, sino también de las técnicas de restauración empleadas. Por ello, a continuación, se presentan algunas técnicas recomendadas para maximizar los resultados y garantizar la sostenibilidad del proyecto.

4.2.1.3. Técnicas de reforestación

La selección de técnicas adecuadas para la reforestación es fundamental para asegurar el éxito de la restauración de las zonas riparias y su sostenibilidad a largo plazo. Estas técnicas deben adaptarse a las condiciones específicas del área de intervención, considerando factores como el estado del suelo, la disponibilidad de agua, la topografía y el grado de degradación. A continuación, se describen algunas de las técnicas más recomendadas para la reforestación de áreas afectadas en la cuenca del río Liberia.

- **Siembra directa**

Esta técnica implica dos enfoques: el primero es la colocación directa de semillas de las especies nativas elegidas en el suelo de la zona a reforestar, y el segundo es la plantación directa de plántulas o árboles jóvenes de especies nativas en las zonas deforestadas. Ambos enfoques son técnicas valiosas de reforestación. Es ideal para áreas donde la degradación es severa y la cobertura vegetal es limitada, pero el suelo aún mantiene características que pueden sostener nuevas plantas, como una adecuada estructura y niveles aceptables de nutrientes (Azada Verde, 2021).

La siembra directa de plántulas permite una reintroducción rápida de vegetación, facilitando la estabilización del suelo y mejorando la capacidad de infiltración del agua. Para aumentar las tasas de éxito, es crucial seleccionar plántulas de especies nativas bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del sitio, además de protegerlas contra herbívoros y condiciones extremas.

El uso de semillas es un proceso más lento para obtener resultados visibles, ya que involucra la germinación y crecimiento de las plantas. Sin embargo, garantiza una reducción de costos, especialmente cuando las extensiones de terreno a reforestar son amplias. Por otro lado, el uso de plántulas acelera los resultados forestales, aunque puede aumentar el costo de inversión.

Por lo tanto, se propone un proceso híbrido para la restauración de las zonas riparias, utilizando plántulas en las zonas más críticas, como las zonas 4 y 5, que son las de mayor extensión, y semillas en áreas que complementen la reforestación. Para las demás zonas, se puede emplear el uso de semillas, ya que son áreas críticas no tan vulnerables y pueden ser más controladas mediante un monitoreo constante.

- **Reforestación asistida**

Esta técnica de reforestación se basa en la facilitación del proceso de regeneración natural de la vegetación. En áreas donde existe vegetación secundaria o en proceso de recuperación, la reforestación asistida puede resultar más eficiente y económica. El proceso incluye la eliminación de especies invasoras que compiten con las plantas nativas por recursos, así como la protección de los individuos jóvenes para permitir su crecimiento sin obstáculos (Azada Verde, 2021).

Por lo tanto, las zonas 1, 2 y 3 son áreas que podrían beneficiarse de esta técnica, especialmente la zona 1, ubicada en la parte más alta del área de estudio, ya que está alejada de la influencia urbana. El uso de semillas, junto con una reforestación asistida y la eliminación de actividades agropecuarias, podría ser altamente beneficioso para los objetivos de esta propuesta.

Además, sería necesario complementar la vegetación natural existente con la plantación estratégica de especies clave que fomenten la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema. Esta técnica es particularmente útil en áreas con algún grado de cobertura vegetal, ya que aprovecha los procesos ecológicos naturales.

Al basarse en la eliminación de amenazas humanas, como la sobreexplotación forestal o la presencia de ganado, y en el control de especies invasoras, esta técnica es una

opción económica y sostenible para recuperar áreas forestales degradadas (Azada Verde, 2021).

- **Agroforestería**

La agroforestería combina prácticas agrícolas y forestales en sistemas integrados que benefician tanto a los ecosistemas como a las comunidades locales. En zonas aledañas a tierras agrícolas, la implementación de sistemas agroforestales que intercalan árboles nativos con cultivos puede promover una transición más sostenible del uso del suelo. Este enfoque no solo contribuye a la restauración ecológica al reintroducir vegetación nativa, sino que también ofrece beneficios económicos a las comunidades mediante la diversificación de los productos agrícolas y la mejora de la productividad del suelo (FAO, 2024).

La agroforestería es una técnica que fomenta la coexistencia entre actividades humanas y la regeneración natural del paisaje, lo que la convierte en una opción viable para áreas donde la agricultura y la conservación deben ir de la mano, como en las zonas críticas 2 y 3, identificadas como Colegio Felipe Pérez y Finca La Carreta..

Es importante destacar que esta técnica se propone como una medida complementaria a las anteriores, ya que podría haber resistencia a su implementación en las zonas mencionadas. Además, el manejo de animales no está contemplado en esta propuesta, por lo que solo se tomarán en cuenta las directrices relacionadas con cultivos agrícolas. Aunque hasta ahora ninguna de las especies nativas seleccionadas es agrícola, se puede realizar un análisis secundario para determinar qué especies agrícolas serían compatibles con la propuesta.

Es necesario aclarar que esta propuesta de agroforestería aplicaría únicamente en áreas riparias fuera de las zonas de protección de recurso hídrico, en conformidad con las regulaciones establecidas en el Artículo 33 de la Ley Forestal de Costa Rica, que protege los cuerpos de agua y limita las actividades en sus áreas de protección. De esta manera, el proyecto respeta los lineamientos legales vigentes, asegurando que las prácticas agroforestales se mantengan fuera de las zonas legalmente protegidas, promoviendo la sostenibilidad y resiliencia del ecosistema ripario.

4.2.1.4. Monitoreo y mantenimiento de las áreas reforestadas

Una vez establecida la reforestación, es fundamental implementar un plan de monitoreo y mantenimiento para asegurar el éxito del proyecto a largo plazo. Esto incluye:

- **Monitoreo del crecimiento de las especies plantadas:** Consistirá en llevar a cabo un plan de evaluación del estado de las plántulas, el crecimiento y la salud general de los árboles reforestados; esto es esencial para detectar posibles problemas, como la falta de nutrientes en el suelo o la invasión de especies no deseadas.
- **Control de especies invasoras:** Durante las primeras etapas de la reforestación, es importante eliminar especies invasoras que compitan con las nativas por agua, nutrientes y luz. Las especies invasoras pueden desplazar a las plantas nativas y alterar el equilibrio ecológico, por lo tanto, es necesario determinar los niveles de crecimientos de estas especies invasora y de esta forma elaborar un cronograma para su eliminación temprana.
- **Replante de especies:** Como en toda reforestación, algunos ejemplares se pierden en el proceso, por lo tanto, en algunos casos, puede ser necesario replantar especies que no hayan sobrevivido en la primera fase. Este proceso garantiza que el área reforestada se mantenga en condiciones óptimas.
- **Involucramiento comunitario:** El éxito a largo plazo de cualquier proyecto de reforestación depende del apoyo y participación de la comunidad local. Crear conciencia sobre la importancia de la restauración ecológica y fomentar el cuidado de los árboles plantados es fundamental para la sostenibilidad del proyecto. Para este punto se plantean las siguientes pautas:
 - Creación de subcomisiones para cada zona crítica identificada. Cada subcomisión tendrá funciones específicas para su zona, y en este caso se buscará el apoyo técnico forestal del MINAE, conforme a lo establecido por la Ley Forestal y el Decreto Ejecutivo N° 26562, que crea el Monumento Natural Parque Ecológico y Recreativo de Liberia.

- Involucramiento de entidades estratégicas para la realización de Convenios con Bomberos de Costa Rica – estación Liberia, para el apoyo en campañas pequeñas de reforestación, en coordinación con el comité ambiental del Colegio de Ciencias Económicas de Costa Rica – Sede Chorotega, así como la integración del apoyo técnico ambiental del Instituto Costarricense de Electricidad..
- Difusión de información relevante de las campañas de seguimiento, monitoreo y mantenimiento a través del Observatorio Ciudadano del Agua – Río Liberia, por medio de sus plataformas de redes sociales, así mismo por medio de actores institucionales como la Municipalidad de Liberia, MINAE, y las universidades locales como Universidad Nacional (UNA) y la Universidad de Costa Rica (UCR).

4.2.1.5. Beneficios a corto y mediano plazo

Si se logra una buena escogencia de especies nativas, una buena selección de técnicas de reforestación de acuerdo con cada una de las características de las zonas críticas identificadas y un buen manejo y mantenimiento, la reforestación con especies nativas puede proporcionar una serie de beneficios tangibles en el corto y mediano plazo, que incluyen:

- **Reducción inicial de la erosión:** Los árboles recién plantados comienzan a estabilizar el suelo casi de inmediato, reduciendo el riesgo de erosión durante las lluvias.
- **Aumento de la infiltración de agua:** En áreas reforestadas, el agua de lluvia se infiltra más fácilmente en el suelo, lo que contribuye a la recarga de acuíferos y regulación del caudal del río durante las estaciones secas.
- **Mejora del microclima:** La reforestación crea zonas de sombra que reducen la evaporación del agua del suelo, lo que beneficia tanto a la flora como a la fauna de la región.

4.2.2. Manejo sostenible del suelo y control de la erosión.

Otra estrategia esencial para fortalecer la capacidad hídrica es el manejo sostenible del suelo. Se sabe que la erosión es uno de los principales problemas que enfrenta no sólo la cuenca del Río Liberia sino los demás lugares con cuerpos de agua, ya que provoca la pérdida de sedimentos que afectan negativamente tanto a la calidad del agua como a la estructura del suelo. Como se puede observar en la figura 9, la cuenca presenta señales de erosión del suelo, desgaste acumulado, así como desgaste por correntadas de la época de lluvias de la zona.



Figura 9. Fotografías de zonas erosionadas por la destrucción de las zonas riparias en la zona media-alta de la cuenca del río Liberia. Elaboración propia, tomadas en setiembre 2024. Ver Anexo 13.

Para enfrentar este problema, es necesario implementar medidas de conservación de suelos, entre ellas podemos encontrar:

4.2.2.1. Barreras naturales

Estas barreras naturales estarán compuestas por varias de las especies nativas que hemos identificado como las más aptas para la reforestación. Todas estas especies de

plantas tienen sistemas radiculares fuertes que no solo estabilizan el suelo, sino que también filtran los sedimentos antes de que lleguen al río.

De esta manera, se determina que otras especies pueden llegar a complementar estas barreras naturales, tales como el Madero Negro, que pueden utilizarse en las zonas cercanas a la orilla del río, actuando como una cerca viva. Además, se pueden complementar con la utilización de tule (*Cyperus giganteus*), el cual desempeña un papel importante en la estabilización de suelos y filtración de aguas, y su capacidad para crecer en suelos saturados de agua lo convierte en una excelente especie para la restauración de ecosistemas acuáticos y riparios.

4.2.2.2. Terrazas y zanjas de infiltración

Otra de las medidas de manejo sostenible del suelo es la utilización de terrazas y zanjas de infiltración. Por lo tanto, dentro de esta propuesta se considera que para las áreas inclinadas de la cuenca (Zona Crítica 1), la construcción de terrazas o zanjas de infiltración ayudará a retener el agua de lluvia y, por consiguiente, se reduce la escorrentía superficial. Esto permite que el agua se infiltre más fácilmente en el suelo, mejorando la recarga de los acuíferos subterráneos que para las zonas un poco más altas es muy beneficioso.

Estas terrazas deben tener ciertas barreras naturales como vetiver o alguna especie de flora que ayuda a amarrar el suelo para evitar la erosión cercana a las zanjas, sin embargo, debe hacerse de manera controlada, lo que se recomienda hacer una siembra no muy seguida y claramente con un mantenimiento adecuado. Todas estas medidas planteadas favorecerán hacer una restauración ecológica y capacidad hídrica de la cuenca media-alta del río Liberia.

El control de la erosión es fundamental para disminuir la sedimentación en el río y preservar la calidad del agua. Al mismo tiempo, ayuda a mantener la salud de los suelos, lo que influye directamente en la capacidad hídrica de la cuenca. Implementar medidas efectivas para combatir la erosión no solo protege los recursos hídricos, sino que también contribuye a la biodiversidad y a la sostenibilidad del ecosistema en general, beneficiando a las comunidades locales que dependen de estos recursos.

4.2.3. Participación comunitaria y educación ambiental

La restauración ecológica y el fortalecimiento de la capacidad hídrica de la cuenca media-alta del Río Liberia son metas que solo se pueden alcanzar si las comunidades locales se sientan parte de esta misión. No se trata solo de plantar árboles o mejorar el suelo, sino de crear un vínculo entre las personas y el entorno natural que las rodea, empoderándolas para cuidar de sus recursos de manera consciente.

4.2.3.1. Voluntariado Ambiental Activo

- **Reforestación con Sentido de Pertenencia:** Las campañas de reforestación con especies nativas no deben ser solo eventos aislados. Podemos organizar jornadas donde vecinos, estudiantes, agricultores y empresas locales participen activamente en la plantación de árboles, con el objetivo de restaurar las zonas riparias. Esto fomenta un sentido de pertenencia y cuidado hacia el río y su cuenca.
- **Brigadas locales de protección:** Formar pequeños grupos locales que puedan convertirse en los "ojos y oídos" del ecosistema. Estas brigadas comunitarias pueden supervisar el estado del río, reportar cualquier actividad que dañe el medio ambiente y colaborar con expertos para proponer soluciones.

4.2.3.2. Educación Ambiental para Todas las Edades

- **Talleres y Charlas:** La educación ambiental es la clave para generar un cambio duradero. Realizar talleres donde se explique cómo las acciones cotidianas impactan el agua y el suelo, y cómo la restauración de las zonas riparias beneficia tanto al medio ambiente como a las futuras generaciones.
- **Eventos Ecológicos que Conecten a la Gente:** Establecer días específicos dedicados a la limpieza de la cuenca, a la recolección de residuos y a la plantación de árboles. También se pueden organizar ferias ecológicas en las que las familias puedan compartir y aprender sobre buenas prácticas ambientales.

4.2.3.3. Alianzas con instituciones y empresas

- **Creación de Alianzas:** Las universidades, ONG's y empresas locales pueden ser grandes aliados. Establecer relaciones con estos sectores nos permitirá acceder a conocimientos especializados y recursos financieros para llevar a cabo los proyectos de restauración de manera más eficiente.
- **Reconocimiento a la Sostenibilidad:** Incentivar a las empresas y productores que adopten prácticas ecológicas con certificaciones ambientales puede ser una excelente forma de motivar la participación. Además, estos productos certificados pueden acceder a nuevos mercados que valoren su compromiso con el medio ambiente.

4.2.3.4. Innovación para Monitorear el Progreso

- **Uso de Tecnología:** El seguimiento de los avances no tiene por qué ser complicado. Con el uso de drones y sensores de humedad, podemos evaluar fácilmente la salud de las zonas restauradas. Además, las comunidades pueden estar involucradas en este proceso, recopilando datos clave para ajustar las estrategias según sea necesario.
- **Medir el Impacto Real:** Definir indicadores claros como la cantidad de hectáreas reforestadas, la biodiversidad restaurada o el aumento en la retención de agua permitirá no solo ver el progreso, sino también celebrar los logros alcanzados y ajustar el plan cuando sea necesario.

Con esta propuesta, no solo se busca restaurar la cuenca de manera efectiva, sino también crear una comunidad más conectada y comprometida con el cuidado del medio ambiente. La unión de la educación, la acción colectiva y la innovación tecnológica garantizará que los cambios sean duraderos y beneficiosos para todos.

4.3. Gestión adecuada de los residuos sólidos

4.3.1. Diagnóstico inicial

En la actualidad muchas de las cuencas hidrográficas en nuestro país enfrentan una alarmante degradación ambiental, siendo la acumulación de residuos sólidos uno de

los principales factores que afectan su salud ecológica. Esta realidad se refleja en la percepción que tienen los encuestados (Ver Anexo 8), el cual muestra que el 87.7% de las personas opinan que hay acumulación de residuos.

Esta realidad es producto de nuestras acciones como sociedad, y ha desencadenado graves consecuencias: la contaminación de los cuerpos de agua, la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad hídrica de los ríos como muestra la figura 10, que evidencia los diferentes vertederos de residuo ordinario en el río Liberia.



Figura 10. Fotografías de tipos de residuos encontrados en el río Liberia, en visitas de campo. Elaboración propia, tomadas en setiembre 2024. Más fotografías ver Anexo 14.

La falta de una gestión adecuada de los residuos sólidos no solo compromete la calidad de vida de las comunidades cercanas, sino que también pone en riesgo los ecosistemas que dependen de estos recursos. Por ello, es imperativo adoptar estrategias sostenibles que garanticen la correcta recolección, manejo y disposición de los desechos, y así restaurar el equilibrio natural y asegurar la resiliencia de nuestras cuencas en especial la que tenemos como objeto de estudio, frente a los desafíos ambientales actuales.

Para ello, se han definidos algunos lineamientos que pueden ser ajustados a las características específicas de la cuenca media-alta del río Liberia y de esta manera complementar la propuesta de restauración de las zonas riparias, trayendo consigo una mejor recuperación de esta zona.

4.3.1.1. Evaluación del tipo de residuos

Los grupos organizados que se logren crear pueden llegar a identificar los residuos sólidos presentes en la cuenca media-alta, incluyendo residuos de materiales plásticos, desechos orgánicos, metales y otros residuos no biodegradables. Esta identificación es vital para la viabilidad de la propuesta, por consiguiente, se pueden definir todos aquellos procesos de tratamiento que se ajustan de acuerdo con el tipo de material cada uno de los residuos identificados. Este diagnóstico es el primer paso para una gestión de residuos y de esta forma ayudar a la disminución de la contaminación de los cuerpos de agua y de los ecosistemas terrestre a la orilla del río.

4.3.1.2. Mapeo de zonas críticas

Paralelamente a la acción anterior, ubicar las áreas más afectadas por la acumulación de residuos y determinar las fuentes de estos desechos (viviendas cercanas, actividades comerciales, desechos arrastrados por el río) se determina como prioridad de la presente propuesta.

Estas zonas pueden llegar a ligarse a las zonas riparias críticas identificadas al inicio de esta propuesta, ya que pueden ser utilizadas como zonas estratégicas de acceso al río, realizar una serie de trabajos que pueden funcionar como trampas de captura para estos residuos. Sin embargo, este tipo de residuos son muy dinámicos, ya que, conforme los cuerpos de agua interactúan con ellos, se desplazan a lo largo del cauce. Por lo tanto, con la ayuda de expertos, es fundamental identificar las áreas donde tienden a acumularse mayores cantidades de estos materiales, para así centrar los esfuerzos de recolección en dichos puntos estratégicos.

4.3.2. Prevención y educación

4.3.2.1. Campañas de concienciación

La educación de la sociedad debe ser siempre una prioridad. Por ello, es crucial desarrollar programas educativos innovadores para las comunidades locales que enfatizan la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los residuos. Estos programas no solo deben informar, sino también inspirar un cambio real en las prácticas cotidianas. Estos programas deben ser apoyado estratégicamente por actores de mayor peso dentro de la comunidad, tales como instituciones del estado, o bien empresas comerciales como parte de su responsabilidad social corporativa.

Sin embargo, la comunidad siente que la información disponible no es suficiente. Según lo que se muestra en el anexo 9, de las 65 personas encuestadas, 59 (es decir, un 90.77%) expresaron que no tienen información sobre la protección del río Liberia. Solo 6 personas (un 9.23%) mencionaron que sí hay un nivel de información, aunque consideran que es parcial. Esta información nos indica la dirección que deben tomar nuestras propuestas, resaltando la importancia de mejorar la educación ambiental y la manera en que podemos implementarla.

Como ya sabemos, las acciones antropogénicas son una de las causas de los elevados niveles de contaminación del río Liberia, en la actualidad, debido a la intromisión de los asentamientos humanos prácticamente en la ribera del río, a lo largo de todo el cauce en el casco urbano de la ciudad ha provocado índices de contaminación mayor, y esto es lo que deben de comunicar cada una de las campañas o programas de educación ambiental, ese panorama real que tenemos dentro de la ciudad.

4.3.2.2. Capacitación a actores clave

En múltiples ocasiones, la falta de conocimiento, o bien, falta de una buena guía dirigida a los líderes de la comunidad ha provocado que ciertos programas de educación ambiental no tengan el alcance esperado. Por lo tanto, se propone involucrar a líderes comunitarios, empresas locales y entidades gubernamentales en apoyo con expertos de la materia de corte internacional, en capacitaciones para que comprendan su papel en la gestión de los residuos.

Estas capacitaciones deberán ser periódicas y no esporádicas, con el objetivo de lograr tener personas altamente capacitadas y que el conocimiento pueda ser difundido correctamente dentro de la comunidad.

Asimismo, este proyecto de capacitaciones debe extrapolarse a los centros educativos en todos sus niveles, desde los más pequeños del sistema educativo hasta los centros de universidades con el objetivo de hacer la diferencia en nuestro accionar ambiental. Para ello, establecer convenios que doten al proyecto de material suficiente para estas capacitaciones es una de las tareas más importantes, y se establece como prioridad.

4.3.2.3. Uso de medios digitales y tradicionales

Se propone establecer una alianza con la municipalidad de Liberia para aprovechar el departamento de tecnología de la entidad en la difusión de información a través de redes sociales, radios locales y otros medios de comunicación accesibles para la comunidad.

Es fundamental que las personas tengan acceso a la información sobre todas las campañas, desde reforestación y recolección de residuos hasta las capacitaciones programadas. Durante esta investigación, se ha identificado una deficiencia en la comunicación, ya que muchas personas han expresado desconocer las actividades en curso. Si no se logra informar eficazmente a la comunidad, ningún proyecto podrá alcanzar el éxito esperado.

4.3.3. Recolección y separación de residuos

4.3.3.1. Sistema de recolección selectiva

Parte de la solución al problema de los residuos inicia en los hogares de cada persona que habita en la ciudad de Liberia, y es que actualmente las personas no separan los residuos y esto genera un descontrol en la gestión adecuada. Por lo tanto, se pretende implementar la separación en origen, con contenedores específicos para residuos reciclables, orgánicos y no reciclables, para que el sistema de recolección de residuos ordinarios de la Municipalidad de Liberia logre recolectar todos estos materiales.

La Municipalidad de Liberia debe optimizar su sistema de recolección, brindándole la oportunidad a la comunidad de sacar sus residuos para su debido tratamiento y,

asimismo, ajustar la frecuencia de recolección según el tipo de material. Con una comunidad informada y educada, y con la Municipalidad cumpliendo eficientemente su función en la gestión de residuos, se garantizará, a mayor escala, que estos desechos no lleguen a los ríos y quebradas de la ciudad.

4.3.3.2. Frecuencia de recolección

Actualmente la municipalidad de Liberia posee un sistema de recolección de residuos ordinarios con una frecuencia semanal de dos días de recolección. Siendo distribuido por los barrios de la ciudad. Ante dicho panorama, como propuesta inicial es aumentar la visitación de las comunidades aumentando la flotilla de camiones para cada tipo de material. Por lo tanto, se establece un calendario propuesto adecuado para la recolección regular de los residuos, asegurando que no se acumulen en la zona.

Cuadro 1.

Propuesta de frecuencia para el sistema de recolección de residuos de la Municipalidad de Liberia, según los tipos de residuos en para toda la ciudad liberiana.

Días de recolección	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado
Materiales por recolectar						
Residuos Orgánicos	X		X		X	
Reciclables		X		X		
No reciclables						X
Químicos/Tecnológicos						X

Fuente: Elaboración propia.

Claramente este es un proyecto que la municipalidad de Liberia debe proyectar en el presupuesto municipal ya que la cantidad de camiones no es suficiente para el crecimiento acelerado que está presentando la ciudad en la actualidad. Ahora, la idea es iniciar con lo que se cuenta, por lo tanto, se pueden usar vagonetas para la recolección de residuos como químicos o de origen tecnológico, mientras que para residuos reciclables se puede utilizar un camión de carga que actualmente posee la Municipalidad.

Posteriormente, el escenario idóneo es que la Municipalidad de Liberia pueda contar con una flotilla de unidades adecuadas y especializadas para la recolección y gestión de los residuos de la ciudad y de esta forma que no lleguen a los ríos y quebradas.

4.3.3.3. Infraestructura adecuada

Otra idea propuesta es la confección de contenedores y estaciones de reciclaje accesibles y fáciles de usar a lo largo de las comunicadas y especialmente en zonas muy aledañas al río Liberia, con la finalidad de motivar a las personas a colocar correctamente los residuos donde deben ir.

Esta idea se puede manejar como cajas de depósito en las zonas que se haya identificado como zonas de vertederos ilegales, identificados en el punto de diagnóstico de la presente propuesta, de esta forma, las personas pueden llegar a depositar estos residuos en un lugar donde se tenga un mejor acceso a ellos y de esta forma, que las personas encargadas de la municipalidad puedan hacer una mejor gestión de estos residuos.

4.3.4. Manejo y disposición final

4.3.4.1. Planta de tratamiento local

La municipalidad como un ente regulador de la ciudad, y al tener a la zona urbana de la cuenca excluida del plan de manejo del Corredor Biológico Las Morochas por la ubicación de las urbanizaciones circundantes al río, nos obliga a tener un manejo de esta zona como un manejo local y propio de la Municipalidad de Liberia. Ante dicha situación se establece una propuesta municipal.

- Proponer la creación de una planta de compostaje para los residuos orgánicos, y un centro de acopio para reciclables (plásticos, metales, vidrio) que trabaje a su máxima capacidad, con ayuda de la propuesta de los camiones de recolección de diferentes tipos de residuos que abastecerán al complejo de tratamiento de residuos.

4.3.4.2. Alianzas con empresas recicladoras

Si el proyecto es beneficioso, puede que la cantidad de residuos sea considerable y que sea necesario llegar a establecer convenios con empresas que recojan los materiales reciclables para su procesamiento y evitar que terminen en vertederos. Estos materiales pueden ser valorizables y no valorizables, y de esta forma darle una disposición final a cada uno de estos residuos.

4.3.5. Monitoreo y control

4.3.5.1. Indicadores de gestión de residuos

Como parte de esta propuesta para la cuenca del río Liberia, se sugiere implementar un sistema de indicadores clave para monitorear y evaluar el éxito en la gestión de residuos sólidos. Estos indicadores deben incluir la reducción del volumen de desechos acumulados en puntos críticos a lo largo de la cuenca y el incremento en la cantidad de materiales reciclados o reutilizados.

También se recomienda monitorear la frecuencia de las campañas de recolección de residuos y la participación comunitaria en actividades como capacitaciones y jornadas de limpieza. Este sistema de indicadores permitirá un seguimiento detallado del progreso y facilitará los ajustes necesarios para mejorar las estrategias implementadas.

4.3.5.2. Supervisión comunitaria

Una pieza fundamental en el éxito de esta propuesta es la creación de un Comité Local de Monitoreo, conformado por miembros de la comunidad y actores clave. Este comité será responsable de supervisar el cumplimiento de los lineamientos establecidos para la gestión adecuada de residuos sólidos en la cuenca del río Liberia. Mediante auditorías periódicas y visitas de campo, el comité podrá identificar problemas en la implementación de las acciones propuestas, así como proponer soluciones en tiempo real.

Además, este comité servirá como un canal de comunicación entre la comunidad y las autoridades, garantizando que las preocupaciones y necesidades locales sean atendidas. La participación comunitaria en el monitoreo promoverá un sentido de corresponsabilidad en la protección y conservación de la cuenca.

4.3.5.3. Tecnología para el monitoreo

Como parte de una estrategia innovadora, se propone la incorporación de tecnologías avanzadas para optimizar el monitoreo de los residuos sólidos. En primer lugar, se sugiere desarrollar una aplicación móvil que permita a los ciudadanos reportar, en tiempo real, la acumulación de residuos en puntos críticos o de difícil acceso. Esta herramienta digital facilitará la creación de una red de monitoreo participativa, lo que permitirá que la información llegue de manera rápida y eficiente a las autoridades y gestores.

Además, se recomienda el uso de drones para realizar monitoreos aéreos en zonas remotas o riparias de difícil acceso, lo que permitirá identificar vertederos ilegales o puntos de acumulación de residuos con mayor precisión. Estas tecnologías también pueden integrarse con sistemas de georreferenciación para mapear las zonas más afectadas y priorizar las acciones de recolección e intervención.

4.3.6. Normativas y sanciones

4.3.6.1. Reglamentos municipales

Como parte de la propuesta para mejorar la gestión de residuos sólidos en la cuenca del río Liberia, es fundamental proponer la creación o actualización de ordenanzas municipales que regulen de manera específica la disposición de los residuos. Estas normativas deben contemplar la correcta clasificación, recolección y disposición final de los desechos, con un enfoque en la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua y la protección del ecosistema de la cuenca. Las ordenanzas también deben incluir disposiciones claras sobre las responsabilidades de los habitantes, comercios y entidades que operan dentro del área de influencia de la cuenca.

Adicionalmente, se propone que estas normativas contemplen sanciones adecuadas para quienes no cumplan con los lineamientos establecidos, incluyendo multas, trabajos comunitarios o restricciones de permisos operacionales en el caso de empresas. Las sanciones deben ser aplicadas de manera justa y proporcional, fomentando así una cultura de responsabilidad ambiental dentro de la comunidad. Esta regulación efectiva será un pilar en la preservación del río y sus zonas circundantes.

4.3.6.2. Colaboración interinstitucional

La implementación efectiva de estas normativas requiere de una colaboración activa entre diferentes entidades públicas y privadas. Por ello, se propone trabajar de manera conjunta con la municipalidad, ministerio de ambiente (MINAE), organizaciones no gubernamentales (ONG's) y otras instituciones que jueguen un rol relevante en la gestión ambiental como universidades, colegios de profesionales, entre otros. Esta colaboración interinstitucional será clave para asegurar el cumplimiento de las normativas y la utilización eficiente de los recursos disponibles.

La municipalidad, como autoridad local, debe liderar estos esfuerzos, pero apoyándose en los conocimientos técnicos y en los recursos que puedan ofrecer entidades especializadas, como los ministerios o universidades. Se sugiere también la creación de convenios de cooperación que formalicen la colaboración entre los actores, para asegurar una coordinación eficiente en la gestión de residuos, en la implementación de sanciones y en la promoción de buenas prácticas ambientales. Esta alianza permitirá aprovechar las sinergias entre las diferentes instituciones y maximizar el impacto de las acciones propuestas.

4.3.7. Participación comunitaria y voluntariado

4.3.7.1. Proyectos de voluntariado

La participación activa de la comunidad se considera que es el corazón de la presente propuesta para la gestión adecuada de residuos en la zona de estudio de la cuenca del río Liberia. Involucrar a las personas en acciones concretas no solo empodera a los individuos, sino que crea un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida por el bienestar del entorno.

Se propone organizar jornadas de voluntariado que incluyan a centros educativos de todos los niveles, organizaciones técnicas, empresas locales y familias. Estas actividades, como limpiezas comunitarias en las riberas del río o reforestación con especies nativas, pueden convertirse en momentos de unión y aprendizaje, donde se fomente el valor del trabajo en equipo y el cuidado de la naturaleza. La participación de

jóvenes, en particular, será clave para sembrar en las futuras generaciones una conciencia ambiental más profunda.

Además, estas jornadas no solo deben verse como trabajo, sino también como oportunidades para generar comunidad, fortaleciendo los lazos entre los vecinos y promoviendo una cultura de cooperación y solidaridad. La idea es que cada acción en favor de la cuenca sea vista como una contribución directa al bienestar de todos.

4.3.7.2. Incentivos para la comunidad

En muchas ocasiones, las personas actúan por los incentivos y para reforzar esta cultura de cuidado ambiental, se propone la creación de un programa de incentivos que motive y reconozca a aquellas comunidades que logren mantener altos estándares de limpieza y gestión de residuos. Estos incentivos pueden tomar diferentes formas, como certificaciones de "Comunidad Verde", premios simbólicos o materiales para mejoras comunales (como parques verdes comunitarios).

Este tipo de reconocimientos no solo premian el esfuerzo colectivo, sino que también crean un sentido de orgullo local, invitando a más personas a sumarse a las acciones. Además, se pueden organizar competencias amistosas entre barrios o comunidades cercanas, donde se mida el nivel de compromiso y resultados obtenidos en la gestión de residuos.

Estos programas deben ser inclusivos y accesibles para todos, incentivando la participación no solo de los líderes, sino también de las familias y niños y jóvenes, quienes son clave para asegurar un cambio cultural a largo plazo. El éxito de esta propuesta radica en hacer sentir a las personas que sus esfuerzos, por pequeños que sean, están marcando una diferencia real en la calidad de vida de todos y en la salud de la cuenca del río Liberia.

4.3.8. Incorporación de tecnologías limpias

4.3.8.1. Economía circular

La incorporación de tecnologías limpias es fundamental para transformar la gestión de residuos en un modelo sostenible y circular. Se propone fomentar la economía circular, un enfoque que permite aprovechar los residuos como recursos valiosos en lugar de

verlos simplemente como desechos. Las iniciativas pueden incluir proyectos locales de compostaje, donde los residuos orgánicos se transformen en abono para la agricultura y jardinería comunitaria, beneficiando directamente a los agricultores y vecinos.

También es importante promover la fabricación de productos reciclados a partir de plásticos, metales o vidrio recolectados, creando un ciclo donde los materiales se reutilizan continuamente en lugar de desecharse. Este enfoque no solo reduce la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, sino que también genera oportunidades económicas y empleo para las personas locales, creando un sentido de logro al ver cómo los residuos se convierten en recursos útiles para la comunidad. Esta propuesta viene de la mano con las otras ideas anteriores, y se trata de que sea de manera integral.

4.3.8.2. Tecnologías de reciclaje avanzado

Introducir tecnologías que permitan un mejor tratamiento de residuos, como reciclaje químico o el uso de biotecnología para descomponer ciertos plásticos, es una propuesta que a pesar de que es ambiciosa, se considera que es viable a tal punto que debemos ser pioneros en temas ambientales, y el país como tal, debe ser la piedra angular para estas medidas que no solo beneficiarían a nuestros ríos, sino al ambiente en general.

Se propone a manera de que si se diera la oportunidad es una idea que puede revolucionar el tema de la gestión de residuos sólidos. Sin embargo, no queda como propuesta firme para el proyecto de recuperación de las zonas riparias y gestión de los residuos sólidos de la cuenca media-alta del río Liberia.

4.3.9. Resumen de planes a corto, mediano y largo plazo

4.3.9.1. Corto plazo

Dentro de la propuesta se plantean acciones inmediatas y que son de fácil implementación, las cuales se esperan que generen un impacto positivo visible en la comunidad. Por lo tanto, entre ellas tenemos el de Implementar campañas de sensibilización y establecer la infraestructura básica para la recolección selectiva desde todos los hogares y puntos críticos (estratégicos) de la ciudad.

A través de estos primeros pasos, se busca movilizar a la comunidad y sentar las bases para una gestión más avanzada en el futuro.

4.3.9.2. Mediano plazo

En el mediano plazo, se proyecta que la educación ambiental, las campañas de sensibilización y los esfuerzos unidos de las instituciones que se espera que se involucren en el proyecto, resulten en lograr que las comunidades adopten prácticas de reciclaje y que la recolección de residuos sea eficiente. Esto evidenciará que el posible el fortalecimiento de las capacidades locales con ayuda conjunta entre todos los actores.

Para este plazo, es clave lograr que las plantas de tratamiento de residuos y centros de reciclaje comunitario proyectados, distribuidos en toda la ciudad – para dar esa opción de accesibilidad a la ciudadanía – deban estar completados a nivel de infraestructura y en funcionamiento completo, permitiendo así procesar de manera eficiente los materiales recolectados.

Además, durante este periodo, las practicas definidos en el corto plazo, ya deben estar más consolidadas tales como las campañas de sensibilización y los programas de Educación Ambiental, y su continua implementación también serán esenciales para mantener el compromiso y la motivación de la población

4.3.9.3. Largo plazo

Al largo plazo, el objetivo es lograr que la cuenca del río Liberia se convierta en un modelo sostenible de gestión de residuos, donde las prácticas de economía circular y la participación comunitaria estén plenamente integradas en el día a día de la población. En esta fase, se espera que la cuenca haya alcanzado un estado de equilibrio ecológico, con ríos y quebradas libres de contaminación y una gestión autosostenible de los residuos sólidos.

Para cada medida proyectada, es de vital importancia el mantener una vigilancia constante, revisando y actualizando las estrategias según las necesidades emergentes en el momento, y promoviendo una cultura de respeto y conservación ambiental en las generaciones futuras. Aquí se puede tratar de implementar tecnologías de vanguardias

que sean en pro del ambiente, siendo un modelo sostenible fuerte y de esta forma buscar nuevas formas de financiamiento y de esta forma proyectar tecnología de punta para el mantenimiento de la cuenca del río.

Todas las medidas propuestas han considerado la opinión de la ciudadanía. La encuesta reveló datos interesantes sobre acciones para mejorar la gestión de residuos, como multar a quienes no cumplen con las normas y fomentar la separación de residuos en casa. También los encuestados mencionaron la necesidad de mejorar el sistema de recolección de residuos ordinarios e implementar más puntos de reciclaje, por lo tanto, todos estos puntos se presentan en el anexo 10 de este documento.

Al concluir este capítulo, reafirmamos la necesidad de enfrentar los desafíos de la cuenca media-alta del río Liberia con una visión amplia y sostenible, guiada por la convicción de que cada acción, aunque parezca pequeña, puede catalizar un cambio profundo. Estos resultados nos muestran que la recuperación de las zonas riparias y la gestión de residuos sólidos requieren no solo de estrategias técnicas, sino también de una voluntad colectiva que vaya más allá de los enfoques convencionales. La participación de la comunidad, el compromiso de las instituciones y la apertura a nuevos paradigmas son los pilares de un proceso que no solo restaura el entorno natural, sino que también fortalece el vínculo entre la gente y su entorno.

Esta propuesta, al mismo tiempo que desafía los límites tradicionales, es una invitación a todos los involucrados a imaginar y construir un futuro en el que la cuenca sea no solo un recurso vital, sino también un legado de resiliencia y respeto hacia la naturaleza. El camino es arduo, pero la posibilidad de crear un modelo de restauración que inspire a otras regiones es una recompensa que bien merece cada esfuerzo invertido. Con todo ello, se responde a la interrogante de la investigación, reafirmando la hipótesis de manera afirmativa y positiva, lo que genera un grado de satisfacción general por los resultados obtenidos.

5. CONCLUSIONES

Sobre la recuperación riparia

- Las diferentes visitas que se lograron realizar en las zonas críticas identificadas a lo largo de la investigación dieron como resultado la confirmación de un estado en deterioro, donde la zona riparia del cauce del río Liberia ha sido gravemente alterado, por la deforestación, pero sobre todo por la proliferación urbana de la ciudad, ya que existen viviendas a escaso 1 metro del cauce del río. Esta condición, no permite al ecosistema fluvial tener una resiliencia ecológica adecuada, y expone aún más al ecosistema a su deterioro antropogénico.
- Las zonas riparias propuestas para su recuperación, son aquellas zonas que, dentro de la ciudad, aún poseen las extensiones terrestres necesarias que pueden intervenir y lograr una recuperación aceptable. Estas zonas deben ser consideradas, ecológicamente hablando como estratégicas para fortalecer el corredor biológico Las Morocochas. La reforestación con especies nativas es la opción más viable para recuperar la vegetación riparia y fortalecer esa recuperación ecológica, aumentando los servicios ecosistémicos entre los ecosistemas existente.
- Las especies nativas que se ha propuesto son especies de fácil acceso y producción, poseen bajos costos y pueden ser provista por instituciones como el MINAE, ICE, AYA, Bomberos de Costa Rica y organizaciones como el Colegio de Ciencias Económicas de Costa Rica (CCECR), el cual posee una unidad ambiental comprometida, por lo que no se visualiza impedimento alguno para conseguir las unidades necesarias para la reforestación proyectada.

Sobre la Gestión de residuos sólidos

- En la actualidad, el río funciona como un vertedero de residuos sólidos, ya que no existe un plan de gestión concreto. Los lineamientos existentes son muy generales a nivel municipal y esto provoca una problemática en aumento, lo que impide al río mantener una resiliencia ecológica en jaque, a un nivel alto de contaminación.

- La desinformación de la ciudadanía es un punto crítico de análisis, que genera un cierto nivel de incertidumbre. Lo anterior es debido a que los programas de educación ambiental que se han implementado, se considera que no han tenido el alcance necesario por ser muy esporádicos, de muy bajo contenido educativo y que no han tenido la difusión necesaria para lograr llegar a esas personas líderes de la comunidad.
- Del presente trabajo se concluye que el sistema de recolección de residuos ordinarios de la Municipalidad de Liberia no está cumpliendo de manera óptima, evidenciado por la limitación de contar solo con dos camiones, lo que resulta insuficiente para la cantidad de residuos que genera una ciudad como Liberia. Esto pone de manifiesto la responsabilidad municipal en la gestión de los residuos ordinarios, que en su estado actual no está siendo llevada a cabo de manera efectiva. Además, la ausencia de infraestructuras como plantas de tratamiento de residuos y centros de reciclaje adecuado refleja un desafío en la capacidad para atender las necesidades de una ciudad de este tamaño.
- La municipalidad es un actor ausente de la gestión ambiental de la cuenca, ya que no existe un plan de monitoreo y control ambiental. Por lo tanto, repercute en la no aplicación de la escasa normativa municipal que existe, conllevando a insatisfacción comunal y aumentando la desmotivación de la ciudadanía para participar en la conservación del medio ambiente, y eso se refleja en la poca participación de las diferentes ferias ambientales que se llevan a cabo durante el año.

Sobre los desafíos ambientales de la cuenca del río Liberia

- Las dimensiones de la cuenca del río Liberia, que a su vez se puede catalogar como una subcuenca del río Tempisque, ya que este desemboca en este último, hace que su recuperación, conservación y mantenimiento, sea todo un reto mayúsculo para las autoridades y comunidad. Estas dimensiones deben ser tratadas de diferentes maneras ya que no todas tiene la misma problemática y están expuestas a diferentes tipos de uso de suelo.

- La recuperación de la zona riparia en su máximo esplendor (extensiones recomendadas que son de 30 a 50 metros, de la orilla del río) es un escenario que todos deseáramos pero que se torna complicado ya que habría que expropiar terrenos que han invadido estas márgenes del río. Esto evidencia la deficiente gestión urbanística que ha tenido la Municipalidad de Liberia en estos casos.

Sobre la participación comunitaria

- La investigación brindó la oportunidad de conocer ese sentir que la comunidad liberiana posee, y el anhelo de volver a tener a ese río que en el pasado se podía disfrutar de sus aguas sin problema. La comunidad es consciente de que se tiene que hacer algo, pero el poco interés de los que debe tener la batuta de todo el proceso los ha desanimado.
- Cuentan con el deseo de participar en actividades ambientales, pero la baja frecuencia de estas actividades provoca que las personas no formen ese compromiso adecuado en pro del ambiente, y frenan las sinergias que pueden llegar a surgir con el accionar de los grupos de personas comprometidas.

Sobre las colaboraciones interinstitucionales

- Las relaciones interinstitucionales están muy deterioradas actualmente, la información y manejo de las problemáticas que sufre la ciudad se gestionan de manera aislada y en cada institución, limitando los resultados de acciones que se pudieron aprovechar mejor si todo se colaborara.
- Un claro ejemplo de que la relación interinstitucional está deteriorada es el plan de manejo que la cuenca del río Liberia posee, este documento existe, se creó hace varios años atrás, y la comisión no ha trabajado en años. Por la nula colaboración este documento no llegó a implementarse como correspondía a la necesidad que se tenía en aquel entonces, y como lo tiene ahora el río, con una problemática en aumento.

Sobre la interrogante e hipótesis de la investigación

- Los resultados de esta investigación respaldan la hipótesis planteada, al demostrar que una intervención adecuada mediante la reforestación y gestión de residuos en la cuenca media-alta del río Liberia contribuye efectivamente a la restauración de su función reguladora. Las prácticas de reforestación en zonas riparias y el manejo responsable de residuos no solo fortalecerán al ecosistema local, sino que también incrementará la resiliencia del río frente a desafíos ambientales como la erosión y la disminución de calidad del agua. Estos hallazgos evidencian que, con un enfoque sostenible y regenerativo, la cuenca puede cumplir nuevamente su rol vital para la comunidad y el ambiente.

Esta investigación revela una realidad dolorosa que no solo afecta a la cuenca del río Liberia, sino que se extiende a muchos otros ríos del país. Es una problemática que ha empeorado con los años, especialmente en las zonas urbanas, donde los ríos se han convertido en los principales puntos de contaminación.

Este trabajo nos ofrece una pequeña radiografía de un mal que nos afecta día a día. Resulta impactante que, en pleno siglo XXI, en una era donde la tecnología nos brinda acceso instantáneo a la información, todavía exista tanto desconocimiento e indiferencia frente a los problemas ambientales que nos rodean.

Por consiguiente, la realización de esta propuesta ha representado un gran desafío, ya que ha requerido un alto nivel de exigencia al plantear pautas que contribuyan a una solución efectiva. Se han propuesto enfoques de desarrollo regenerativo, con conceptos fáciles de entender para ese segmento de la población que desconoce tanto la problemática como las posibles soluciones. Además, se ha adoptado un enfoque holístico, buscando generar un impacto no solo en el río, sino también en todos los componentes que influyen en la dinámica ecosistémica del área.

A pesar de que el tamaño de la muestra (65 personas) que se utilizó en la encuesta no es representativa, dado al tamaño de la población real de la ciudad de Liberia (80.130 personas al 2022), los resultados se pueden extrapolar; a pesar de lo anterior, al final se obtuvo información valiosa. Saber que el 89.2 % estaría dispuesto a participar en

actividades comunitarias ambientales como jornadas de limpieza o reforestación, y un 6.2% mencionó que tal vez participe, eso genera un alto porcentaje de aceptación (Ver Anexo 11).

Una conclusión muy importante es que la tecnología jugará un papel fundamental en la recuperación de la salud hídrica del río. Sin embargo, no nos referimos solo a la tecnología aplicada directamente al río, sino también a las plataformas de comunicación que nos ofrece un mundo globalizado. A las personas encuestadas les gustaría recibir información a través de redes sociales, ya que un 93.8% de ellas acepta estos medios de difusión (ver Anexo 12).

6. RECOMENDACIONES

Sobre la recuperación riparia

- A pesar de la importancia ambiental de estas zonas, ni el Estado ni la Municipalidad las han gestionado adecuadamente. En la delimitación del área de estudio se identificaron cinco áreas riparias que pueden ser recuperadas, ya que cuentan con la extensión de terreno necesaria. Sin embargo, gran parte de la cuenca en su zona urbana está invadida por viviendas. Por ello, se recomienda tomar medidas para liberar un margen del río de asentamientos y realizar una revisión técnica ambiental que controle los vertederos de residuos sólidos y líquidos, incluyendo aguas jabonosas y fecales.
- Se recomienda fortalecer las iniciativas de viveros comunales para la reproducción de especies nativas, de manera que sea la misma comunidad la encargada de mantener las cantidades necesarias para la reforestación del cantón, claramente siempre con la ayuda técnica forestal del MINAE, y cualquier otra institución de ayuda para el mantenimiento de las especies arbóreas.

Sobre la Gestión de residuos sólidos

- • Es urgente diseñar e implementar un plan concreto y efectivo para la gestión de residuos en la ciudad. Darle a la población las herramientas y oportunidades para tratar correctamente sus residuos es esencial para el éxito de cualquier iniciativa en este ámbito. Sin embargo, esta recomendación no debe limitarse a simples lineamientos; requiere un enfoque más complejo que implique mayor inversión y cohesión entre los grupos organizados.
- Es necesario empezar a desarrollar un plan sólido de educación ambiental, que sea implementado en todos los niveles educativos de la zona. A nivel nacional, el Ministerio de Educación Pública también debe romper con los paradigmas de la educación tradicional para abrirse a nuevos enfoques de aprendizaje. Estos programas de educación ambiental deben estar bien fundamentados y ser adaptables a los distintos segmentos de la población para asegurar su efectividad.

Sobre los desafíos ambientales de la cuenca del río Liberia

- Una de las recomendaciones más valiosas es la creación de grupos organizados que cuenten con el soporte técnico y legal de las instituciones pertinentes. Estos grupos, además, podrían beneficiarse del apoyo de futuros profesionales de diversas disciplinas provenientes de universidades del país, quienes, a través de sus Trabajos Comunales Universitarios o prácticas profesionales, contribuirían al fortalecimiento del proyecto. Al ubicar estos grupos estratégicamente a lo largo de la cuenca, se lograría una intervención más eficiente y coordinada, maximizando el impacto positivo en la recuperación y conservación del área.
- La atención inmediata a los desafíos ambientales que enfrenta la cuenca del río Liberia es crucial para mejorar su resiliencia ecológica, lo que permitirá un futuro más sostenible y favorable. Actuar de forma rápida ante los problemas emergentes es fundamental para evitar que el deterioro continúe. Esta recomendación está estrechamente vinculada con el apoyo de los grupos organizados, ya que la colaboración entre estos grupos y las instituciones pertinentes será clave para implementar soluciones efectivas de manera oportuna.

Sobre la participación comunitaria

- Es fundamental identificar y utilizar los medios de difusión adecuados, que estén adaptados a las características de la zona, a la población y al tema que se quiere transmitir. Actualmente, el mensaje no está llegando de manera efectiva, por lo que se requiere un enfoque más estratégico que garantice que la información sea accesible y comprensible para todos los sectores de la comunidad.
- Fomentar una cultura de cooperación permitirá no solo la preservación de los recursos naturales, sino también el empoderamiento de la población en la toma de decisiones que afecten su entorno. Este empoderamiento se traduce en una mayor autonomía y compromiso de la comunidad para proteger sus recursos, promoviendo una relación más equilibrada y sostenible con el medio ambiente.

Sobre las colaboraciones interinstitucionales

- El primer paso debe ser el establecimiento de un marco estratégico de cooperación interinstitucional ambiental, que asegure que todas las acciones sean gestionadas de manera coordinada y eficiente. Esta colaboración permitirá que los esfuerzos se alineen bajo un mismo objetivo, maximizando el impacto positivo y asegurando que los recursos se utilicen de manera adecuada.
- La creación de una App Ambiental debería ser un proyecto coordinado por las instituciones pertinentes, ya que podría traer numerosos beneficios. No solo ayudaría a abordar el tema analizado en este documento, sino que también facilitaría la gestión de trámites institucionales, contribuyendo a mejorar la eficacia y eficiencia de las entidades estatales. Esta herramienta permitiría una mayor interacción con la ciudadanía, optimizando los procesos y fomentando la participación activa en temas ambientales.

7. BIBLIOGRAFIA

- Araque, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas hidrográficas* (1ª ed.). Universidad Politécnica Salesiana.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2010). *Ley para la Gestión Integral de Residuos N.º 8839*.
- Azada Verde. (2021). *¿Cuáles son las técnicas de reforestación más efectivas?* Azada Verde. Recuperado de <https://azadaverde.org/tecnicas-de-reforestacion-mas-efectivas>
- Blancke, R. (s.f). *Estudios sobre el Roble Encino. Área de Conservación Guanacaste (ACG)*. Recuperado de https://www.acguanacaste.ac.cr/rothschildia/v4n1/textos/roble_encino.html
- Boisier, S. (2003). *El desarrollo en su lugar: El territorio en la sociedad del conocimiento*. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, Santiago de Chile.
- Burgos López, C. A., & Useche Basto, A. L. (2019). *Diseño e implementación de un proceso de rehabilitación en zonas riparias degradadas, con participación comunitaria, en un tramo del río Ocoa, Vereda del Amor, Villavicencio – Meta*. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental, Villavicencio.
- Calvo Brenes, G., & Mora Molina, J. (2012). *Análisis de la calidad de varios cuerpos de agua superficiales en el GAM y la Península de Osa utilizando el Índice Holandés*. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(5), 37-44. Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Tecnológico de Costa Rica.
- Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2011). *Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos*. *Revista Bio-Ciencias*, Vol. 1. Núm. 4. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).
- Castillo Aguilar, V. M. (1992). *Estimación de la erosión del suelo a nivel de cuenca, utilizando análisis espacial y percepción remota, en El Salvador (Tesis de maestría)*. CATIE.

- Elizondo Castillo, L. H., & Jiménez Madrigal, Q. (2016). *La sabana arbolada "El Escobio", Liberia, Guanacaste, Costa Rica*. Repositorio Kérwá, Universidad de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/10669/25734>
- FAO. (2024). *Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible (GFS) - Agroforestería*. FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/agroforestry/basic-knowledge/es/>
- Golcher Benavides, C., Rojas Conejo, J., Cernesson, F., Bonin, M., Suarez, A., Saenz, F., & Tournoud, M. G. (2018). *Bringing together riverside citizen perception and scientific monitoring to better describe water quality: Case of Liberia River (Costa Rica)*. GRAIE-ZABR. Recuperado de <https://agritrop.cirad.fr/593219/>
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (s.f.). *Estudio sobre veranillos en Costa Rica*. Instituto Meteorológico Nacional. Recuperado de <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Estudio+sobre+veranillos+en+Costa+Rica>
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). *Suelos de Costa Rica - Orden Inceptisol (Boletín Técnico No. 5)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1825.PDF>
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). *Suelos de Costa Rica - Orden Entisol (Boletín Técnico No. 2)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1822.PDF>
- Jiménez, J. & González, E. (2001). *La Cuenca del Río Tempisque: Perspectivas para un manejo integrado (1ra ed.)*. San José, C.R.: Organización para Estudios Tropicales. Recuperado de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/623/documents/CR540mgt.pdf>
- Martínez-Salinas, A., & DeClerck, F. (2010). *El papel de los agroecosistemas y bosques en la conservación de aves dentro de corredores biológicos*.

- Mesoamericana, 14(3), 36-50. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7902/El_papel_de_los_agroecosistemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), (2009). Política Hídrica Nacional. MINAE. San José, Costa Rica. <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Pol%C3%ADtica-H%C3%ADdrica-Nacional.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2022). Estrategia del SINAC para la conservación y uso sostenible del recurso hídrico. MINAE, SINAC, Gobierno del Bicentenario, FUNBAM, GEF, BID.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE). (2020). Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030. MIDEPLAN. Recuperado de <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/265?show=full>
- Mundo Forestal (2022). Chilamate de Río (*Ficus insipida*). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/chilamate-de-rio/>
- Mundo Forestal (2022). Corteza Amarilla (*Handroanthus ochraceus*). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/chilamate-de-rio/>
- Mundo Forestal (2022). Espavel (*Anacardium excelsum*). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/espavel/>
- Mundo Forestal (2022). Guácimo (*Guazuma ulmifolia*). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/guacimo/>
- Mundo Forestal (2022). Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/guanacaste/>

- Mundo Forestal (2022). Indio Desnudo (Bursera simaruba). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/indio-desnudo-2/>
- Mundo Forestal (2022). Roble Sabana (Tabebuia rosea). Recuperado de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/roble-sabana/#:~:text=Es%20un%20%C3%A1rbol%20grande%20que,viejos%20que%20los%20hace%20inconfundibles.>
- Ortiz Dardón, R. (2009). Evolución de los servicios de extensión en Nicaragua. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de <https://www.fao.org/uploads/media/Evoluci%C3%B3n%20de%20los%20servicios.pdf>
- Piedra Alcócer, A. L. (2015). Plan de Manejo subcuenca del río Liberia. Área de Conservación Guanacaste. Recuperado de <https://www.acguanacaste.ac.cr/noticias/noticias-oficina-subregional-de-liberia/958-plan-de-manejo-de-la-subcuenca-del-rio-liberia>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020, 28 de febrero). Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030. Recuperado de <https://www.undp.org/es/costa-rica/publicaciones/rios-limpios-estrategia-nacional-para-la-recuperacion-de-cuencas-urbanas-2020-2030>
- Ramírez-Soto, A. F., García-Valencia, A., Trujillo-Santos, O., Sheseña-Hernández, I. M., Gutiérrez-Sosa, G., Contreras-Huerta, I., Macías-Ruiz, K., Aguilar-Bernal, A. S., & Hernández-Soto, M. (2021). Guía técnica para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 124 p.
- Rozzi, R., et al. (2003). Conservación biocultural y ética ambiental en el extremo austral de América: Oportunidades y dificultades para el bienestar ecosocial. En S. Figueroa & J. Simonetti (Eds.), Globalización y biodiversidad. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

- Sistema Costarricense de Información Judicial. (2024). Decreto N° 26562-MINAE - Crea Monumento Natural Parque Ecológico y Recreativo de Liberia. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27492&nValor3=29080&strTipM=TC#up
- Sistema Costarricense de Información Judicial. (2024). Ley de Biodiversidad N° 7788. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=129485&strTipM=TC
- Universidad de Costa Rica. (2023). Rehabilitación de la microcuenca del río Torres cuenta con apoyo de la UCR. Universidad de Costa Rica. Recuperado de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2023/8/30/rehabilitacion-de-la-microcuenca-del-rio-torres-cuenta-con-apoyo-de-la-ucr.html>
- Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica - Universidad Nacional de Colombia.
- Vásquez Rodríguez, F. (2007). Reconceptualizando la biodiversidad en América Latina: Una propuesta biocultural y territorial con visión de futuro. Holon Lab Laboratorio Territorio, Ambiente y Sociedad (TAS), Chile. Recuperado de http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S1995-10782007000200004&script=sci_arttext&tlng=es

8. ANEXOS

Anexo 1. Acta del Proyecto Final de Graduación

ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Yadir Mauricio Quirós Ruiz.

Lugar de residencia: Liberia – Guanacaste.

Institución: TAM Travel Corporation.

Cargo / puesto: Gerente – Oficina Guanacaste.

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 25 de febrero de 2024	Nombre del proyecto: Restauración de zonas riparias y Gestión de residuos sólidos en la zona media-alta de la cuenca del río Liberia para mejorar la resiliencia ecológica e hídrica.
Fecha de inicio del proyecto: Mayo, 2024	Fecha tentativa de finalización: Octubre, 2024.
Tipo de PFG: Tesina	
Objetivos del proyecto: Objetivo general Desarrollar una propuesta con lineamientos claros y acciones estratégicas para la recuperación gradual y sostenible de la cuenca alta del Río Liberia. Objetivos específicos <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los elementos clave necesarios para el diseño de un plan de acción que promueva la recuperación sostenible de la cuenca alta del Río Liberia. - Identificar las principales medidas remediales ambientales y socioeconómicas necesarias para el diseño de un plan de acción que promueva la recuperación sostenible de la cuenca alta del Río Liberia. - Estimar posibles o eventuales impactos económicos y sociales positivos de las acciones de restauración, en la zona alta de la cuenca, para la proyección hacia la población y apoyo de las iniciativas propuestas. 	
Descripción del producto: Este proyecto se materializará en una propuesta de lineamientos para el diseño de un plan integral que abordará de manera holística los desafíos ambientales y socioeconómicos en la cuenca del Río Liberia. Este producto comprenderá líneas de acción para las estrategias específicas para la restauración del equilibrio ecológico, la mejora de la sostenibilidad ambiental y la preservación de la biodiversidad, así como la calidad	

del agua. Contará con directrices detalladas para la implementación de acciones, incluyendo la participación de entidades clave como la Municipalidad, el MINAE, la UNA y el Ministerio de Salud.

Esta propuesta será una herramienta práctica y orientadora para futuros trabajos que tengan el mismo objetivo, ya que no solo buscará revertir los impactos negativos de nuestras acciones principalmente en la cuenca alta del Río Liberia, sino también busca promover el desarrollo regenerativo en una comunidad que lo necesita, y que este enfoque es de total desconocimiento social.

Necesidad del proyecto:

La cuenca hidrográfica del Río Liberia, en su zona alta, enfrenta desafíos ambientales y socioeconómicos críticos. La degradación del ecosistema, la pérdida de biodiversidad y la presión sobre los recursos naturales amenazan la estabilidad natural de la zona en estudio. Este problema se ve exacerbado por prácticas insostenibles, urbanización no planificada y la falta de estrategias integradas de manejo ambiental. La necesidad urgente de abordar estos desafíos motivó la formulación de la investigación "Reconstrucción del Equilibrio", que busca desarrollar un plan de acción integral para restaurar gradualmente la cuenca.


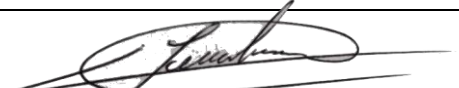
Justificación de impacto del proyecto:

La presente propuesta de investigación tiene como objetivo principal identificar y abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos que enfrenta la cuenca hidrográfica del Río Liberia en su zona media. El proyecto se fundamenta en tres variables claves que convergen para generar un impacto integral y sostenible, como lo es la conservación de la biodiversidad, el fomento del desarrollo regenerativo y el mejoramiento de la calidad de vida natural de la ciudad circundante a la cuenca.

De esta manera, la investigación no solo busca comprender los desafíos actuales que la comunidad de Liberia enfrenta en su cuenca del Río Liberia, sino también buscar proponer lineamientos para el diseño de un plan de acción integral y sostenible, y que sirva para romper los paradigmas actuales en este tipo de problemáticas ambientales, aplicando las medidas propuestas garantizando un enfoque holístico para restaurar la cuenca, buscando promover un equilibrio duradero en la relación naturaleza – ser humano.

Restricciones:

- a. Limitaciones en la disponibilidad de tiempo para realizar las actividades.
- b. Fallos en la comunicación con la Municipalidad de Liberia, que imposibilite maniobras mayores para la proyección de la investigación.
- c. Falta de apoyo de las partes interesadas en las actividades propuestas.
- d. Fallos en la coordinación con personas claves en las visitas de campo programadas durante la investigación.
- e. Limitaciones en la tecnología para llevar a cabo la investigación de campo del proyecto.
- f. Cambios en la proyección de la investigación como objetivos específicos o general durante la ejecución del trabajo.
- g. Cambios en la programación inicial de la elaboración del trabajo por aspectos meramente de la universidad evaluadora.

Entregables: <ul style="list-style-type: none"> - Plan de Acción - Medidas de Sostenibilidad - Análisis de los impactos económicos y ambientales 	
Identificación de grupos de interés: Cliente(s) directo(s): <ul style="list-style-type: none"> - Comunidad de Liberia alrededor de la Cuenca. - Ecosistemas Ambientales de la Cuenca. Cliente(s) indirecto(s): <ul style="list-style-type: none"> - Municipalidad de Liberia - MINAE - Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) 	
Aprobado por (Tutor): Mgts. Gerardo Artavia Zamora	Firma: 
Estudiante: Yadir Quirós Ruiz	Firma: 

Anexo 2. Imágenes de las hormigas cortadoras de hojas (*Atta* spp.)



Clasificación científica:

- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Hymenoptera
- **Familia:** Formicidae
- **Género:** *Atta*

Estas hormigas no comen las hojas que cortan. Las utilizan como sustrato para cultivar un hongo específico del género *Leucoagaricus*.

Cada colonia de *Atta* puede llegar a cortar grandes cantidades de hojas diariamente, lo que las convierte en actores importantes en la dinámica de los bosques, ya que influyen en el proceso de descomposición y reciclaje de nutrientes.

Anexo 3: Machote de preguntas para la entrevista al experto naturalista.

Entrevista sobre la Biodiversidad en la Cuenca del Río Liberia y el Corredor Biológico Las Morocochas

Experto: Ciro Ruiz Sánchez

Ciudad: Liberia, Guanacaste.

Fecha: 26 de julio de 2024.

Campo: Experto Naturalista e Historia General de Guanacaste.

1. Flora de la Cuenca y el Corredor Biológico

- ¿Podría describir la importancia del árbol de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en la cuenca del río Liberia y en las riberas de la provincia?
- ¿Qué otras especies de flora nativa considera esenciales para el ecosistema del corredor biológico Las Morocochas, en especial de las zonas riparias de la cuenca del río Liberia?
- En su opinión, ¿cómo han influido las especies tipo sabana como el Jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y el Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*) en los servicios ecosistémicos de la cuenca, a pesar de no ser endémicas?

2. Fauna del Corredor Biológico

- ¿Podría ampliarnos qué tipo de fauna se puede encontrar en las zonas riparias de la cuenca del río Liberia y explicar el papel del mono Congo o aullador (*Alouatta palliata*) en el equilibrio ecológico del bosque seco tropical de la cuenca?
- ¿Qué cambios ha observado en movimiento de la población de aves nativas de la zona en las áreas abiertas y de transición del corredor?

3. Reptiles y Especies Clave

- ¿Cómo cree que la iguana verde (*Iguana iguana*) y la boa constrictora (*Boa imperator*) han logrado adaptarse tan bien a los ecosistemas tanto secos como húmedos del corredor?

4. Adaptación de Anfibios e Insectos

- ¿Qué factores cree que han permitido la presencia de anfibios como la rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) en zonas de transición del corredor durante la temporada lluviosa, a pesar de preferir bosques más húmedos?
- Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta* spp.) tienen un comportamiento único. ¿Cómo cree que su actividad de corte y cultivo de hongos influye en el equilibrio del ecosistema de la cuenca?

5. Importancia de la Conservación

- En su opinión, ¿qué especies de fauna y flora reflejan mejor la adaptabilidad y diversidad del Corredor Biológico Las Morocochas?
- ¿Por qué considera importante la conservación de este corredor para la biodiversidad de Guanacaste?

Anexo 4: Encuesta Comunitaria para el Diagnóstico y Propuestas de Soluciones en la Cuenca Media-Alta del Río Liberia.



Encuesta Comunitaria para el Diagnóstico y Propuestas de Soluciones en la Cuenca Media-Alta del Río Liberia

Instrucciones:

Estimado/a participante:

Esta encuesta tiene como objetivo identificar las áreas críticas de la cuenca media-alta del río Liberia en cuanto a problemas ambientales y de gestión de residuos sólidos. También buscamos conocer sus propuestas y sugerencias para mejorar la situación actual, especialmente en la recuperación de zonas riparias y la gestión adecuada de desechos. Su participación es muy importante y valiosa para nosotros. Le agradecemos su tiempo y sus aportes.

Información General:

1. **Género:** _____
2. **Edad:** _____
3. **Residencia (barrio o comunidad):** _____
4. **Tiempo de residencia en la zona:**
 - Menos de 1 año
 - 1-5 años
 - Más de 5 años
5. **¿Con qué frecuencia visita el río Liberia o las zonas cercanas?**
 - Diariamente
 - Semanalmente
 - Ocasionalmente
 - Nunca

Parte 1: Diagnóstico de Áreas Críticas

1. **¿Ha notado problemas de contaminación o acumulación de residuos en la cuenca del río Liberia?**

- Sí
- No
- No estoy seguro

2. **Si su respuesta anterior fue Sí, en su opinión, ¿cuáles son las principales fuentes de contaminación en la cuenca del río Liberia?**

(Puede seleccionar más de una opción)

- Residuos domésticos y aguas residuales
- Residuos industriales o comerciales
- Residuos ordinarios plásticos y otros desechos sólidos
- Todas las anteriores.
- Otros: _____

3. **¿Ha identificado zonas específicas donde se acumulan más residuos sólidos?**

- Sí
- No

Si respondió "Sí", por favor mencione las áreas:

4. **¿Existen áreas en la cuenca que considere críticas debido a la erosión o pérdida de vegetación riparia?**

- Sí
- No

Si respondió "Sí", por favor describa estas áreas:

5. **¿Cree que la comunidad está lo suficientemente informada sobre la importancia de la protección del río Liberia?**

- Sí
- No
- Parcialmente

Parte 2: Propuestas para la Recuperación Riparia y la Gestión de Residuos Sólidos

6. **En su opinión, ¿qué acciones se deberían tomar para mejorar la gestión de residuos sólidos en su comunidad?**

(Puede seleccionar más de una opción)

- Implementar más puntos de reciclaje
- Mejorar la recolección de residuos ordinarios
- Educación y campañas de concientización
- Impulsar la separación de residuos en los hogares
- Multar a quienes no cumplan con la disposición adecuada de residuos
- Todas las anteriores
- Otros: _____

7. **¿Qué soluciones propondría para la recuperación de las zonas riparias (vegetación en las orillas del río)?**

(Puede seleccionar más de una opción)

- Programas de reforestación con especies nativas
- Control de la erosión mediante barreras naturales o plantaciones
- Mayor protección de las áreas verdes cercanas al río
- Restricción del uso agrícola o ganadero cerca de las riberas
- Otros: _____

8. **¿Estaría dispuesta/o a participar en actividades comunitarias como jornadas de limpieza o reforestación del río?**

- Sí
- No
- Tal vez

9. **¿Qué cree que podría motivar a la comunidad a involucrarse más en la protección del río?**

(Puede seleccionar más de una opción)

- Más información sobre los efectos de la contaminación
- Incentivos económicos o premios comunales
- Mayor presencia y apoyo de las autoridades
- Programas educativos en centros educativos
- Otros: _____

10. **En su opinión, ¿qué papel debería jugar la municipalidad en la gestión de residuos sólidos y la protección del río?**

Parte 3: Comentarios y Sugerencias Adicionales

11. **¿Tiene alguna sugerencia o idea adicional sobre cómo mejorar la situación ambiental en la cuenca del río Liberia?**

12. ¿Le gustaría que la comunicación ambiental sea por medio de redes sociales para participar en futuras actividades relacionadas con la protección del río Liberia?

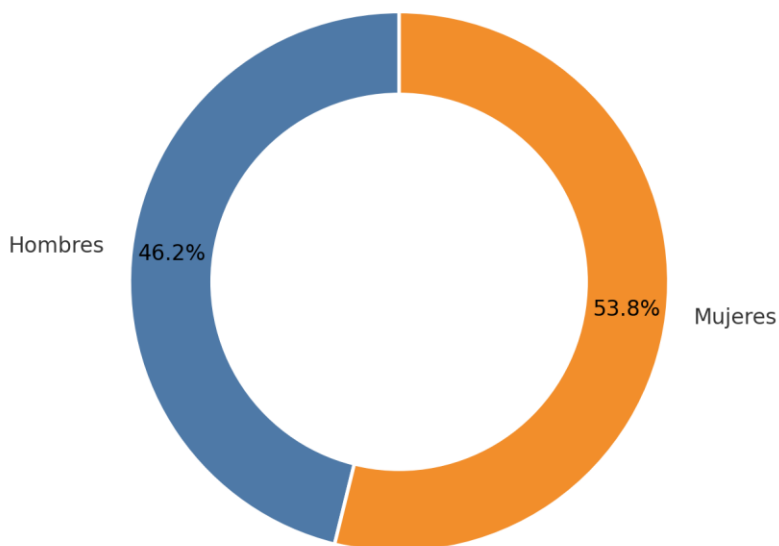
- Sí
- No

¡Muchas gracias por su colaboración!

Su participación es fundamental para el éxito de esta iniciativa. Juntos podemos contribuir a la protección y recuperación del río Liberia y su cuenca.

Anexo 5: Distribución de encuestados según género, Liberia - Guanacaste, 2024.

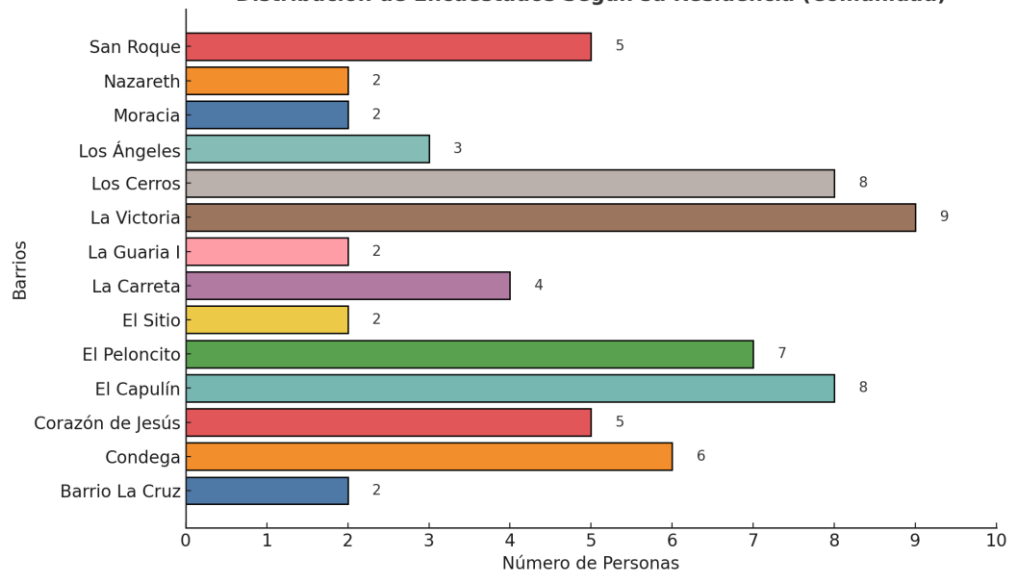
Distribución de Encuestados Según Género



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

Anexo 6: Distribución de encuestados según su residencia actual, Liberia - Guanacaste, 2024.

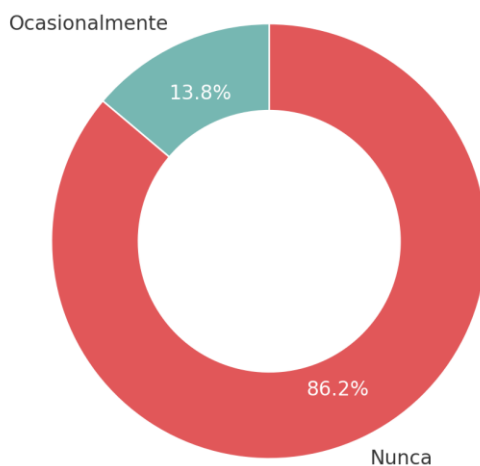
Distribución de Encuestados Según su Residencia (Comunidad)



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

Anexo 7: Frecuencias de visitas al río Liberia o zonas cercas, de los encuestados, Liberia - Guanacaste, 2024.

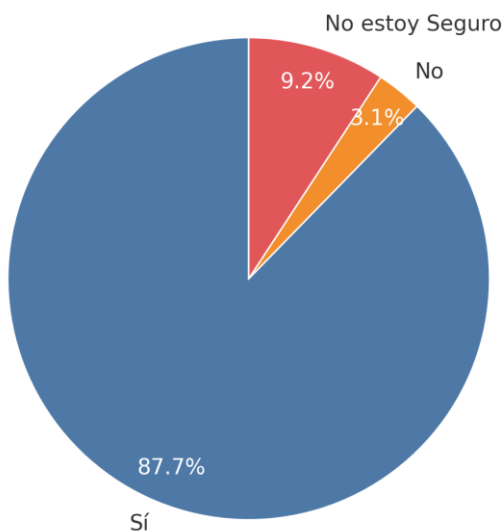
Frecuencia de Visitas al Río Liberia o Zonas Cercanas



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

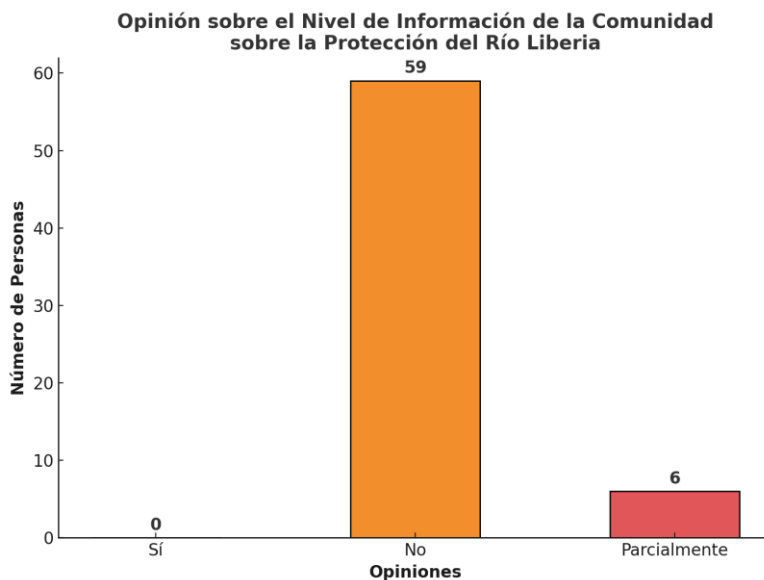
Anexo 8: Percepción de los encuestados sobre la contaminación o acumulación de residuos en el río Liberia, Liberia - Guanacaste, 2024.

Percepción de Contaminación o Acumulación de Residuos en la Cuenca del Río Liberia



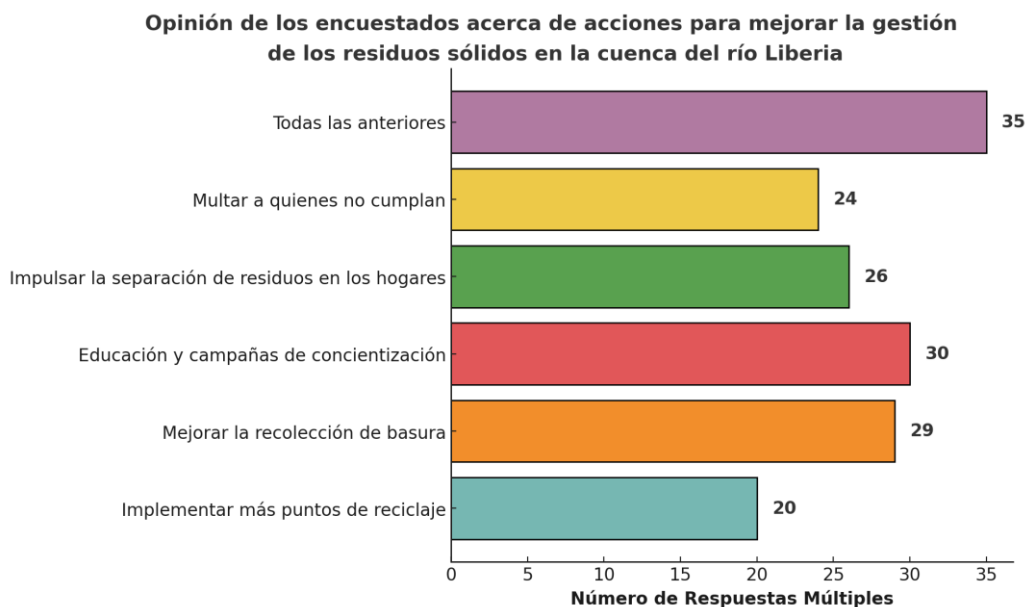
Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

Anexo 9: Opinión sobre el Nivel de Información de la Comunidad sobre la Protección del Río Liberia.



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

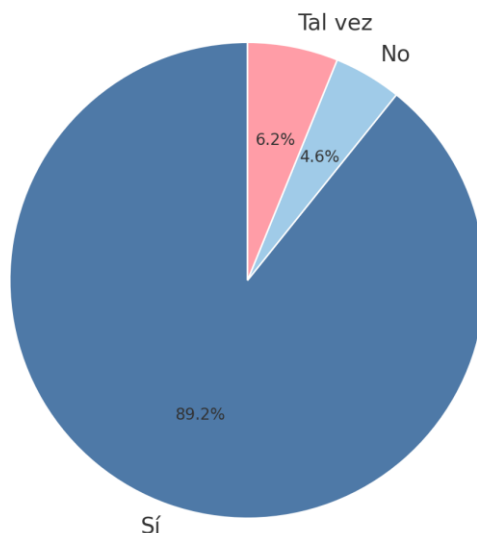
Anexo 10: Opinión de los encuestados acerca acciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos en la cuenca del río Liberia.



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

Anexo 11: Disposición de los encuestados a participar en actividades de la comunidad de índole ambiental.

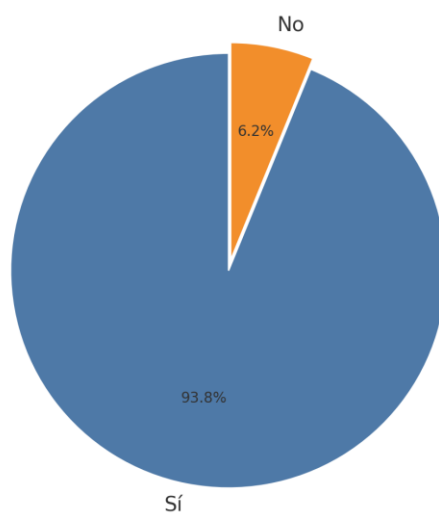
¿Estaría dispuesta/o a participar en actividades comunitarias como jornadas de limpieza o reforestación del río?



Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

Anexo 12: Disposición de los encuestados para recibir información por medio de redes sociales de actividades programadas.

¿Le gustaría que la comunicación ambiental sea por medio de redes sociales para participar en actividades relacionadas?

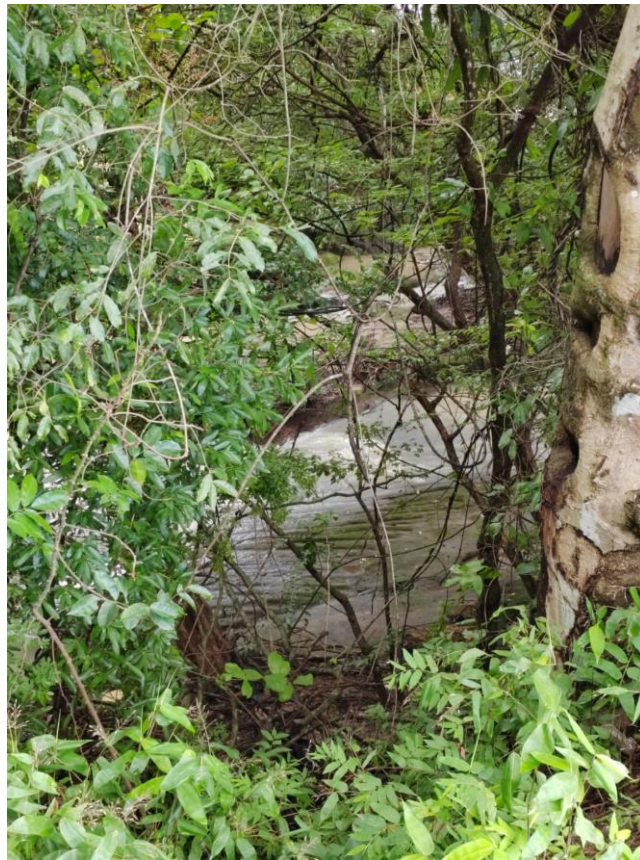


Fuente: Elaboración propia (2024) a partir de la información recopilada de la encuesta aplicada a 65 personas como muestra aleatoria.

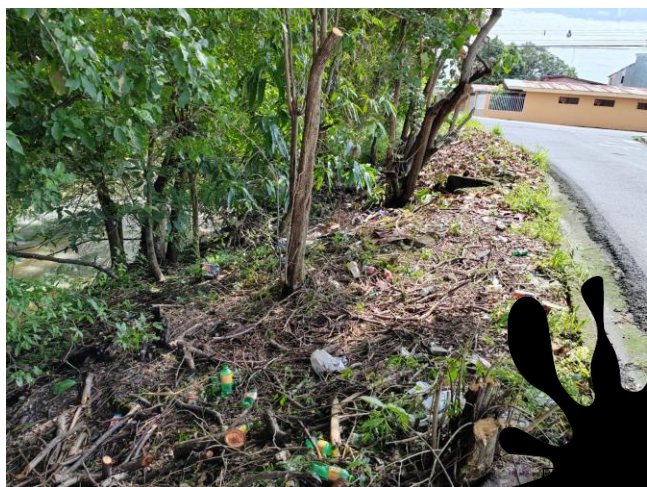
Anexo 13: Fotografías de las Zonas Críticas identificadas por la erosión.

Fotografías que evidencia la poca vegetación protectora del suelo, a escasos 3 metros del cauce del río Liberia. Es la Zona Crítica (#4) - Parque Ecológico de Liberia – Puente Real de Liberia. La fotografía posterior evidencia como el suelo sufre por las corrientes de agua cuando llueve.





Anexo 14: Distintos tipos de Residuos encontrados en la zona de estudio del Río Liberia.



Manchado por nosotros

