



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA  
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGIA E  
BIODIVERSIDADE**

# **Análisis de la degradación de los recursos hídricos derivado de acciones antrópicas: en el cauce bajo del Río Acaray-Paraguay**

**ALICIA BEATRIZ ROLON AQUINO**

Foz de Iguazu  
2024

# **Análisis de la degradación de los recursos hídricos derivado de acciones antrópicas: en el cauce bajo el Río Acaray-Paraguay**

**ALICIA BEATRIZ ROLON AQUINO**

Proyecto de investigación presentado como requisito parcial para la aprobación del Trabajo de conclusión de Curso como requisito para el título de Bacharel en Ciencias Biológicas – Ecología y Biodiversidad.

Orientador: Cleto Kaveski Peres

Coorientador: Leonardo Tomazini

Foz de Iguazu  
2024

**ALICIA BEATRIZ ROLÓN AQUINO**

**Análisis de la degradación de los recursos hídricos  
derivado de acciones antrópicas: en el cauce bajo el Río  
Acaray-Paraguay**

Proyecto de investigación presentado  
como requisito parcial para la  
aprobación del Trabajo de conclusión  
de Curso como requisito para el título  
de Bacharel en Ciencias Biológicas –  
Ecología y Biodiversidad.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Cleto Kaveski Peres  
Universidad de Integración Latino-Americana (UNILA)

---

Prof. Dra. Nathalia Chagas Correa de Souza  
Universidad de Integración Latino-Americana (UNILA)

---

Ma. Bruno Afonso Ramos Casilhas  
ITAIPU BINACIONAL

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Dedico este trabajo a mis Padres y al amor de mi vida.

## AGRADECIMENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de poder culminar una parte importante de mi vida, por darme la sabiduría, entendimiento y fuerza para afrontar todos los obstáculos durante este paso por la carrera universitaria.

Agradezco a mis Padres Esteban y Delia por apoyarme durante estos años y no haberme dejado sola, diciéndome que si es posible alcanzar aquello que más he anhelado que es culminar esta etapa de manera gratificante. Esto es algo que no pude lograrlo sin su apoyo, por eso hoy solo quiero decirles que por fin su hija ya lo logró. A mis hermanos Fabi, Yaya y Ficho por estar ahí diciendo que ya faltaba poco para terminar y que siempre me han apoyado.

Dar las gracias a mis amigos que han estado conmigo desde un comienzo y no me dejaron sola desde que esto comenzó, estuvieron conmigo en cada etapa de mi vida. Claudia Motte, una compañera que luego se volvió una amiga incondicional que cada vez que le decía que no podía me decía que no que hasta el final y que estuvo ahí presente en momentos críticos de mi vida diciéndome que si podía lograrlo. Oscar amigo mío de todo corazón agradecerte por los consejos y las charlas nocturnas en donde hablábamos de cómo sería cuando todo termine, y aquí estoy escribiendo que si logre también fue gracias a ti. A Dennis que pasamos muchas cosas juntos y que siempre cocinaba haciendo su especialidad huevos con salchicha diciendo que con eso ya teníamos que continuar que siempre teníamos que dar todo para conseguir lo que queríamos lograr. Celes una persona que siempre me dejó quedarme en su casa para estudiar, para conversar y de cómo íbamos a afrontar todo en la vida.

Agradezco infinitamente al amor de mi vida Joelito, que, sin su paciencia, su cariño, su amor, su apoyo incondicional para cualquier cosa que quiera hacer, él siempre estuvo ahí para mí diciéndome que, si lo iba a lograr, que era capaz de hacer eso y mucho más, gracias por nunca dudar de mí y apoyarme en todo.

A mis supervisores de la ITAIPÚ BINACIONAL, Jussara y Bruno que han sido unas personas increíbles conmigo aportando enormemente para mi desarrollo profesional, que siempre me guiaron y me dieron la oportunidad de ser parte de un excelente grupo de trabajo. Y a todas las personas que estuvieron conmigo durante mi paso por la pasantía. Carol que me enseñó que, si me pueden gustar los peces, a Cris Kubo con quien siempre podíamos charlar, sobre todo, Daniel quien me adoptó como su pasante, y también a mis amigos de pasantía, Bruno, Paulo, Alejandra, Nicole, Jorge, Marcus con quienes hicieron que todo sea increíble durante la pasantía muchas gracias.

Agradezco a mi Orientador Profe Cleto por aceptar el proyecto, haciendo que no desistiera de la carrera y que me dijera que hay que seguir adelante. A mi Orientador el Profe Leonardo que ha sido un apoyo incondicional y que siempre estuvo ahí apoyándome, escuchándome, guiándome desde la distancia, brindándome por sobre todo su amistad.

Queda Agradecer a todos y cada uno de ustedes por el apoyo incondicional que me han dado, siempre estando ahí en cada momento de mi vida, que esto solo es el comienzo de algo grande que Dios tiene preparado para mí, y que ahora después de muchos años luchando para conseguir lo que siempre he anhelado ahora sí puedo decir que ya soy Bióloga y eso es gracias a cada uno de ustedes

*Para comenzar no necesitas ser grande,  
pero para ser grande necesitas comenzar*  
**Zig Ziglar**

## RESUMO

Os rios são ecossistemas diversos que são influenciados por fatores espaciais e temporais, cruciais para a vida aquática e a segurança alimentar global, uma vez que fornecem água potável, irrigação agrícola e uma fonte significativa de alimento para milhões de pessoas. A atividade humana nos rios causa poluição da água, perda de habitat e alterações no fluxo fluvial, ameaçando a biodiversidade. A bacia do Rio Acaray é caracterizada por suas peculiaridades físicas e desempenha um papel fundamental no crescimento da região. As atividades antropogênicas ao longo das margens do Rio Acaray levam a ocupações irregulares, acumulação de resíduos, infringimento de áreas protegidas e a migração de peixes, entre outros problemas. Considerando esta questão, o objetivo é analisar as variáveis ambientais do Rio Acaray. Para isso, foram realizadas medições de variáveis físicas e químicas, análise da ocupação humana ao longo do tempo, utilizando registros de satélite e registros fotográficos de possíveis agentes de impacto ambiental. Isso permitiu reconhecer que o curso inferior do Rio Acaray enfrenta um problema de população nas margens do rio e que, embora a água atenda aos padrões estabelecidos pelas leis paraguaias e brasileiras, há poucos estudos que possam revelar impactos ambientais significativos para o Rio Acaray, destacando a importância de entender os fatores que influenciam na sobrevivência deste tipo de ecossistema.

**Palavras-chave:** Qualidade da água, Impacto ambiental, Rio Acaray, Poluição.

## RESUMEN

Los ríos son ecosistemas diversos que son influenciados por factores espaciales y temporales, cruciales para la vida acuática y la seguridad alimentaria global, ya que proporcionan agua potable, riego agrícola y una fuente significativa de alimento para millones de personas. La actividad humana en los ríos causa contaminación del agua, pérdida de hábitat y alteraciones en el flujo fluvial, amenazando la biodiversidad. La cuenca del Río Acaray se caracteriza por sus peculiaridades físicas y desempeña un papel fundamental en el crecimiento de la región. Las actividades antropogénicas a lo largo de las márgenes del Río Acaray llevan a ocupaciones irregulares, acumulación de residuos, infracciones en áreas protegidas y la migración de peces, entre otros problemas. Considerando esta cuestión, el objetivo es analizar las variables ambientales del Río Acaray. Para ello, se realizaron mediciones de variables físicas y químicas, análisis de la ocupación humana a lo largo del tiempo, utilizando registros de satélite y registros fotográficos de posibles agentes de impacto ambiental. Esto permitió reconocer que el curso inferior del Río Acaray enfrenta un problema de población en las márgenes del río y que, aunque el agua cumple con los estándares establecidos por las leyes paraguayas y brasileras, hay pocos estudios que puedan revelar impactos ambientales significativos para el Río Acaray, destacando la importancia de entender los factores que influyen en la supervivencia de este tipo de ecosistema.

**Palabras Claves:** Calidad de Agua, Impacto ambiental, Rio Acaray, Contaminación

## ABSTRACT

Rivers are diverse ecosystems that are influenced by spatial and temporal factors, crucial for aquatic life and global food security, as they provide drinking water, agricultural irrigation, and a significant source of food for millions of people. Human activity in rivers causes water pollution, habitat loss, and alterations in river flow, threatening biodiversity. The Acaray River basin is characterized by its physical peculiarities and plays a fundamental role in the region's growth. Anthropogenic activities along the banks of the Acaray River lead to irregular occupations, waste accumulation, infringements on protected areas, and fish migration, among other issues. Considering this matter, the objective is to analyze the environmental variables of the Acaray River. For this purpose, measurements of physical and chemical variables were taken, along with analysis of human occupation over time, using satellite records and photographic records of potential environmental impact agents. This has allowed the recognition that the lower course of the Acaray River faces a population problem on its banks and that, although the water meets the standards established by Paraguayan and Brazilian laws, there are few studies that can reveal significant environmental impacts for the Acaray River, highlighting the importance of understanding the factors that influence the survival of this type of ecosystem.

**Keywords:** Water Quality, Environmental Impact, Acaray River, Pollution.

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1</b> – Ubicación del departamento del Alto Paraná, Las ciudades destacadas corresponden a las colectas realizadas.....	17
<b>Figura 2</b> – Ubicación de los puntos de colectas realizadas en el tramo del Río Acaray.....	18
<b>Figura 3</b> – Levantamiento fotográfico A) Contaminación del riachuelo que desemboca con el Río Acaray B) Quema de basura en la margen del Río Acaray.....	20
<b>Figura 4</b> – Mapa de Distribución Urbana, Ciudad del Este y Hernandarias Año 1985.....	22
<b>Figura 5</b> – Mapa de Distribución Urbana, Ciudad del Este y Hernandarias Año 2023.....	23
<b>Figura 6</b> – Foto del Lago Acaray, Hernandarias - Paraguay.....	24
<b>Figura 7</b> – Cauce bajo Río Acaray sin agua a causa del cierre de las compuertas de la Hidroeléctrica Acaray.....	25
<b>Figura 8</b> – Estanques donde se encuentran peces.....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valores de referencia y resultados de los datos de Ph.....	26
<b>Tabela 2</b> – Valores de referencia y resultados de los datos de Pesquisa de <i>E. coli</i> .....	27
<b>Tabela 3</b> – Valores de referencia y resultados de los datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	28

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Resultados que presenta el aumento de ph desde el punto 01 hasta el punto 03.....	27
<b>Gráfico 2</b> – Valores de referencia de <i>E. coli</i> en el cauce bajo del Río Acaray - Paraguay.....	28
<b>Gráfico 3</b> – Valor obtenido para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	29

## SUMARIO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>13</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
3.1. HIDROLOGIA .....	14
3.1.1 <i>Caudal medio anual en el Río Acaray</i> .....	14
3.2. HIDROELÉCTRICA ACARAY .....	14
3.3. CALIDAD DE AGUA .....	15
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	16
4.2 EL PROCESO DE OCUPACIÓN URBANO .....	19
4.3 LOS IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA HIDROELÉCTRICA .....	19
4.4 ANÁLISIS DE COLECTA DE AGUA .....	20
4.4.1 <i>Método Potenciométrico para pH:</i> .....	21
4.4.2 <i>Método Sustrato Enzimático Cromogénico ONPG-MUG para Escherichia coli:</i> .....	21
4.4.3 <i>Método Respirométrico DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno):</i> .....	21
<b>5. ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
5.1 EXISTE UN CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA REGIÓN .....	22
5.2 IMPACTOS DE LA HIDROELÉCTRICA AL RÍO ACARAY .....	24
5.3 RESULTADOS DE LAS COLECTAS .....	25
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>29</b>
<b>7. CONSIDERACIÓN FINAL</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son ambientes bastante diversos en el cual la combinación de las variables espaciales y temporales llega a ejercer una alta influencia en los organismos en sus establecimientos, sus distribuciones e interacciones (Bojorge & García, 2016). Estos cuerpos de agua deberían ser considerados hábitats preferenciales para la recreación de la sociedad, protección de la naturaleza y la biodiversidad, control climático y, sobre todo, seguridad a la población frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones y efectos del cambio climático (Vidal & Romero, 2010).

Estos cuerpos de agua poseen una importancia ecológica para la biosfera, esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad (Guillén, 2012). Al mismo tiempo estos cursos hídricos son considerados de gran importancia para el soporte económico de las actividades humanas como es la pesca, agricultura, medio de transporte y también hábitat para la vida salvaje (Guillén, 2012). Las actividades antropocéntricas, llevan a los ríos a una amenaza significativa para todos esos ecosistemas vitales y para aquellas comunidades que dependen de ella. Los impactos negativos a los ambientales como la degradación de los hábitats acuáticos, la polución ocasiona consecuencias serias para la salud humana y económica (Moraes, 2002).

El aumento de la densidad poblacional a lo largo del tiempo ha traído consigo la dispersión de personas en diferentes partes de la región próxima a los ambientes acuáticos, haciendo que exista una incapacidad para crear nuevos recursos y así para satisfacer sus necesidades fuera del ecosistema, ocasionando una presión más elevada sobre el ambiente, lo cual llegaría a ocasionar una serie de problemáticas, vulnerabilidad y generando así un impacto negativo en los recursos hídricos (Moraes, 2002). Los impactos que ejerce el hombre son de dos tipos: primero, el consumo de los recursos naturales a un ritmo mayor que el que puede renovar el sistema ecológico; en segundo lugar, generando productos de desecho en cantidades superiores a las que se pueden integrar en el ciclo natural de nutrientes (Moraes, 2002). La explotación de estos recursos a la larga puede llevar a que los impactos causados puedan ser considerados irreversibles.

La cuenca del Río Acaray, caracterizada por sus particulares características físicas, ha desempeñado un papel fundamental en el funcionamiento de la región. Su topografía y configuración la convierten en un lugar ideal para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, como la Hidroeléctrica Acaray (Tractabel, 2017). Esta infraestructura ha sido crucial no solo para la generación de energía, sino también para impulsar el crecimiento urbano en sus alrededores.

Entre los problemas ambientales observados, destaca el área donde el cauce bajo del Río Acaray desemboca en el Río Paraná, la cual puede presentar condiciones ambientales bastante complicadas. Esto podría ser a la falta de circulación del agua debido a la presencia de la hidroeléctrica, lo que ocasiona que el cauce permanezca seco durante varios días a lo largo del año. Esta situación puede llegar a afectar negativamente al ecosistema acuático y a la vegetación, generando cambios significativos en el curso normal del río.

Otros de los problemas preocupantes de la zona es la ocupación son los asentamientos irregulares, que son encontradas en la costa del río, por actividades antropogénicas en las riberas del río conlleva a la acumulación de residuos a lo largo de su curso hasta su desembocadura, lo que potencialmente deteriora las condiciones del río y genera una problemática ambiental con impactos negativos significativos en su salud y sostenibilidad.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar las características ambientales en el cauce bajo del Río Acaray, a partir de la evaluación del uso y la ocupación antrópica, así como de variables físico-químico

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar el proceso de ocupación urbano del cauce bajo del Río Acaray a través del análisis de la región, entre los años 1985 y 2023.
- Reconocer las características ambientales actuales pos construcción de la represa hidroeléctrica.
- Examinar los parámetros de calidad de agua, centrándose en el pH, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la presencia de coliformes fecales con el fin de evaluar y comprender el estado del recurso hídrico.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

El Río Acaray es afluente de la margen derecha del río Paraná y tiene un área de drenaje hidrológico de 9857 km<sup>2</sup>. Una Parte de la cuenca pertenece al sistema hidrográfico del Río Yguazú, que confluye con el Acaray por unos 35 km, en línea recta, antes de su desembocadura en el Río Paraná (Tractebel,2017).

Los terrenos drenados por el sistema hidrográfico del Acaray pertenecen, en su mayor parte, a una extensa planicie, cuya elevación sobre el nivel del mar varía entre los

190 y 250 m, en el cual los cursos del Acaray y del Yguazú fluyen en una ininterrumpida serie de meandros (ANDE, 1970).

### 3.1 HIDROLOGIA

#### 3.1.1 Caudal medio anual en el Río Acaray

Según los estudios hidrológicos de la cuenca del Río Acaray, en los años 1937-2015, totalizando 79 años, se obtuvo un valor de Caudal Medio Anual de 171 m<sup>3</sup> /s con una desviación estándar de 65 m<sup>3</sup> /s, un mínimo medio anual de 56 m<sup>3</sup> /s y un máximo medio anual de 383 m<sup>3</sup> /s, destacando que en 1983 y 1998 son dos años con mayores caudales medios anuales, coincidentes con años afectados por el fenómeno de El Niño. Si se adopta el período 1979-2015, se obtiene un valor medio de 188 m<sup>3</sup> /s (Tractebel,2017).

#### 3.1.2 La cuenca del Río Acaray

La cuenca tiene la forma de un triángulo alargado en dirección Noroeste-Suroeste, con el vértice en correspondencia del Paraná y la base formada por la serranía de Acaranguy, donde están las nacientes del Acaray y del Yguazú. El desarrollo longitudinal de la cuenca tiene unos 150 km y la base, aproximadamente 130 km. Antes de su confluencia, existen amplias zonas ocupadas por meandros abandonados, lagunas y esteros sujetos a ser inundados en los períodos de aguas altas. (Tractebel,2017).

### 3.2 HIDROELÉCTRICA ACARAY

La construcción de la Hidroeléctrica Acaray comenzó el 24 de junio de 1965 y culminó con la inauguración de la Casa de Máquinas Acaray I, el 16 de diciembre de 1968. Esta casa de máquinas, equipada con 2 grupos generadores, tenía una potencia instalada de 94 MW y representó una inversión aproximada de 36.344.000 US\$. (ANDE, 2012).

Las hidroeléctricas, a pesar de su contribución a la generación de energía limpia y renovable, generan una serie de impactos significativos en los ecosistemas y la salud ambiental. Estos impactos incluyen la fragmentación del hábitat, la disminución de especies nativas, la mortandad de peces y otras especies acuáticas, la pérdida de flora ribereña, la afectación de la seguridad alimentaria de las poblaciones locales, la transformación de la cobertura del suelo y la generación de gases de efecto invernadero. Además, se observan consecuencias en la salud de la población, como enfermedades asociadas con el agua y limitaciones en el derecho a la autogestión del agua. Estos efectos resaltan la importancia

de considerar de manera integral los impactos ambientales y sociales al planificar y gestionar proyectos hidroeléctricos. (Oviedo & Ocana, 2018)

Con el funcionamiento de la hidroeléctrica en el río ha propiciado un crecimiento significativo de la urbanización en la región. El desarrollo de las ciudades está estrechamente ligado a la expansión urbana de sus alrededores, caracterizada por una planificación y gestión inadecuadas en la zona (Bescos, 2004).

### 3.3 CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua tal como la encontramos en la naturaleza depende fundamentalmente de las características de la cuenca hidrográfica, especialmente de los suelos y de la geología, pero la actividad antropológica es la más influyente en la polución de los ríos; la intensa actividad agrícola, ganadera y la urbanización presentes a lo largo de las subcuencas de los ríos estudiados, constituyen la principal fuente de contaminación, por lo que disponer de agua para bebida con requisitos de calidad es muy difícil para algunos sectores de la población que utilizan estas fuentes de abastecimiento (Pauta, 2019). Las Leyes que determinan los índices de calidad de Agua (ICA) dentro de Paraguay mediante la resolución 222/22 dados por la secretaria del Ambiente en donde se establece el Patrón de Calidad de las aguas en el territorio Nacional dados por la secretaria del Ambiente para agua clase II menciona que, para el abastecimiento doméstico después de los tratamientos convencionales, protección de las comunidades acuáticas entre otros (Leyes del Paraguay, 2007) y del Brasil es CONAMA n°. 274, de 29 de noviembre de 2000 e n°. 357, de 17 de marzo de 2005 (CONAMA, 2011).

Para la determinación del ICA intervienen nueve parámetros: *Escherichia coli* (*E. coli*) (NMP/100mL), pH, Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5 mg/L), NO<sub>3</sub> – (mg/L), PO<sub>4</sub> -3 (mg/L), cambio de la temperatura (°C), turbidez (unidad nefelométrica, NTU), sólidos disueltos totales (mg/L) y O<sub>2</sub> disuelto (% saturación) (Bonilla de Torres et al., 2010) de los cuales fueron utilizados:

**PH:** Posee un potencial hidrogeniones. Representa la concentración de ion de hidrógeno H + (en la escala antilogaritmo), dando una indicación sobre la condición de acidez o alcalinidad del agua. dentro de un rango de pH entre 0 a 14. no tiene implicaciones en términos de salud pública dependiendo si los valores se encuentran extremadamente bajos o altos. Dentro de diversas etapas del tratamiento de agua es importante (coagulación, desinfección, remoción de dureza y control de la porosidad). La unidad de

medida de forma general es de pH <7: condiciones ácidas, pH= 7: neutralidad, pH > 7: condiciones básicas (VON, 2005)

**E. coli (NMP/100mL):** La cuantificación de *Escherichia coli* (*E. coli*) en unidades de Número Más Probable (NMP) por cada 100 mL de agua es una medida comúnmente utilizada para evaluar la calidad bacteriológica de los ríos y cuerpos de agua superficiales. La presencia de altas concentraciones de *E. coli* en ríos puede indicar contaminación fecal y la posible presencia de microorganismos patógenos, lo que representa un riesgo para la salud pública y el medio ambiente (BARRANTES, *et al.*, 2013).

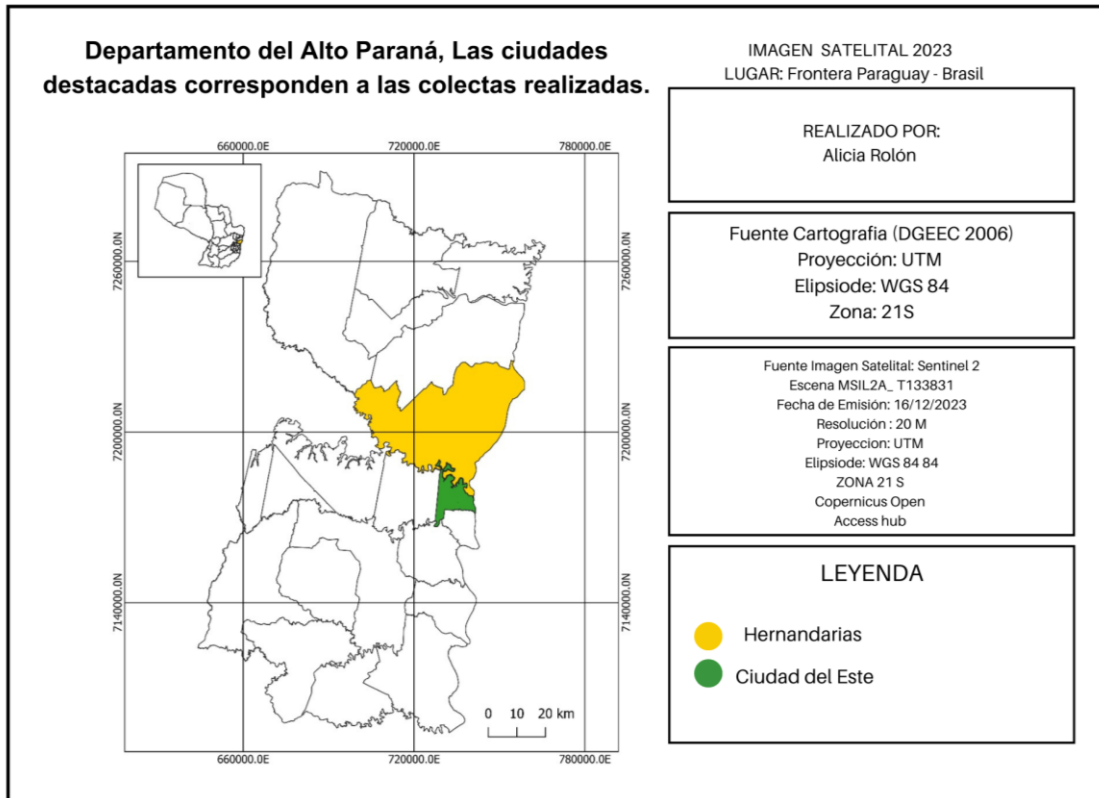
**DBO5 (mg/L):** La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) representa la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos, como bacterias aeróbicas o anaeróbicas, hongos y plancton, durante la degradación de sustancias orgánicas en una muestra de agua. Este parámetro se utiliza para evaluar el nivel de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mgO<sub>2</sub>/L). Dado que la DBO es un proceso biológico, su determinación es delicada y requiere un tiempo considerable. Por lo general, se realiza a una temperatura estándar de 20°C durante 5 días, conocido como DBO5 (Von, 2014).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El departamento de Alto Paraná se encuentra ubicado al este de la República del Paraguay, en lo que se conoce como la región oriental del país. Limita con Brasil y Argentina, situándose entre las latitudes sur de 24° 30' y 26° 15', y los meridianos 54° 20' y 55° 20' de longitud Oeste. El departamento experimenta un clima templado húmedo (Cfa), caracterizado por lluvias durante todo el año y veranos calurosos (Grassi, 2020) (**Figura 1**). Ciudad del Este, es una ciudad localizada en el extremo este del Paraguay, este de la Región Oriental, es la capital del departamento de Alto Paraná y está situada a 327 km de la ciudad de Asunción y la Ciudad de Hernandarias localizada a 15 km de Ciudad del Este, ciudad conocida como la capital de la energía, localizada a 335 km de la capital. Entre las ciudades mencionadas se encuentra el Río Acaray que posee una desembocadura con el Río Paraná.

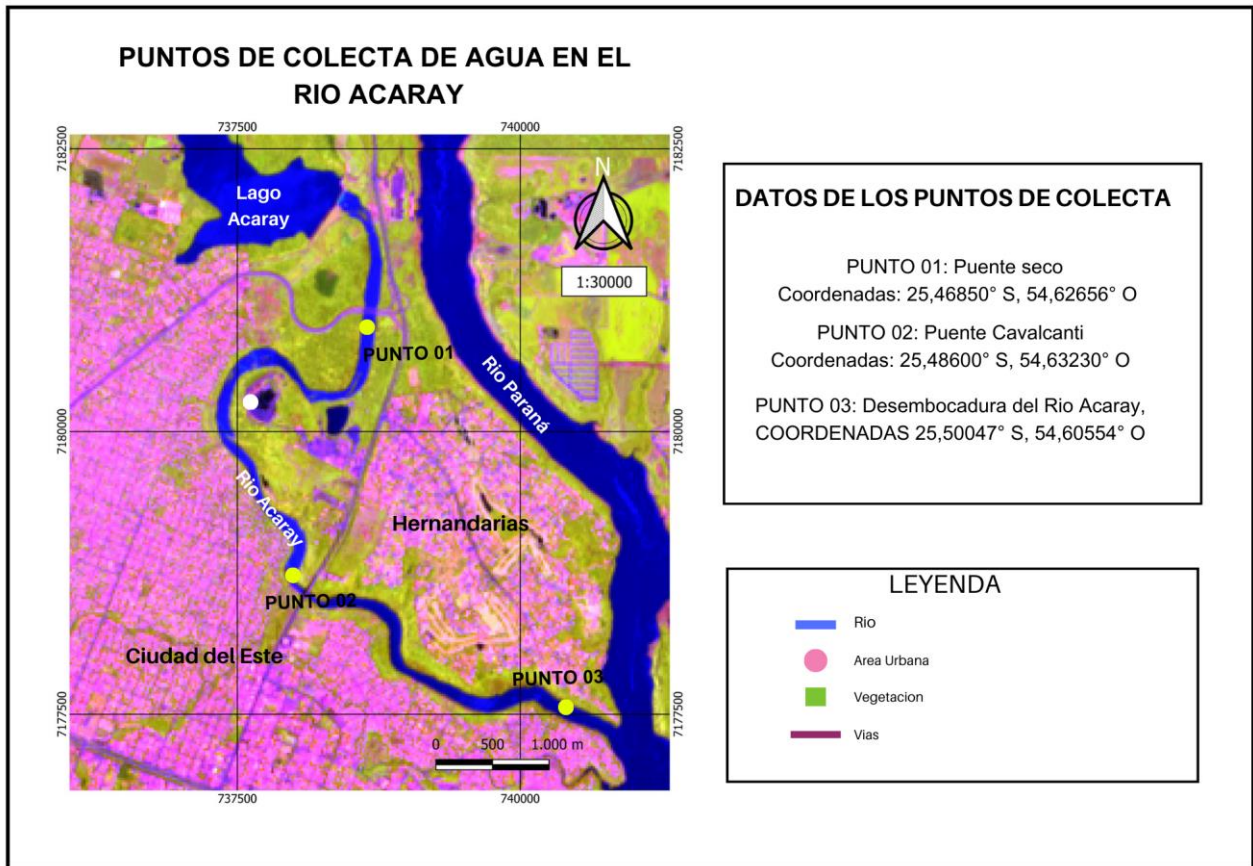
**Figura 1:** Ubicación del departamento del Alto Paraná, Las ciudades destacadas corresponden a las colectas realizadas.



Fuente: ROLON, 2024.

La selección de los puntos de recolección de las muestras de agua fue estratégica, esto considerando el flujo de circulación del agua entre otros factores. Las colectas fueron realizadas en diferentes lugares del cauce del río comenzando próximo a la hidroeléctrica Acaray y el último punto cerca de la desembocadura con el Río Paraná (**figura 2**)

**Figura 2:** Ubicación de los puntos de colectas realizadas en el tramo del Río Acaray.



Fuente: ROLON, 2024.

El Punto 01 (25,46850 ° S, 54,62656° O), fue elegido en un área cercana a la usina, llamada Puente seco, puente que une las ciudades de Ciudad del Este y Hernandarias, ubicado en el barrio Don Bosco, perteneciente a Ciudad del Este. Esta área carece de urbanización en ambas márgenes. El Punto 02 (25,48600° S, 54,63230° O), se ubica en las inmediaciones del puente Cavalcanti, también entre Hernandarias y Ciudad del Este, accesible desde Ciudad del Este a través del barrio Trinidad. La zona urbana se encuentra solo en el lado de Ciudad del Este. La recolección en el Punto 03 (25,50047° S, 54,60554° O), se realizó en una zona cercana respetando la margen de 200 metros entre la desembocadura del Río Acaray con el Río Paraná, para este punto se llega ingresando por Hernandarias en el barrio Country Club.

Durante el mes de febrero del año 2024, se realizó la recolección de muestras en las ciudades limítrofes de Ciudad del Este y Hernandarias. Este proceso consistió en la obtención de seis muestras en total, obteniendo dos materiales de muestra en cada punto de recolección, para la investigación de interés. Se estableció la recolección de agua en

lugares en donde se existió un flujo de agua eso debido al cierre de los vertederos de la hidroeléctrica.

#### 4.2 EL PROCESO DE OCUPACIÓN URBANO.

Se llevó a cabo revisiones detalladas como análisis bibliográfico sobre la ocupación urbana en las márgenes del cauce bajo del Río Acaray, en base a la Ley 3239/2007 DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL PARAGUAY. En el artículo 1, nos menciona sobre el objetivo de esta ley de regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen, cualquiera sea su ubicación, estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay.

Por ende, también un levantamiento de imágenes satelitales de los años de 1985 y 2024 comprendiendo un periodo de 24 años. En donde se pudo observar el proceso de ocupación del área para poder entender mejor cómo se ha expandido hasta llegar a las márgenes del río proporcionando así una mejor información. Se realizó un levantamiento fotográfico de campo y posterior análisis en las áreas de cauce bajo del río en donde se observó si la población del área cumple con las leyes indicadas sobre el cuidado de los recursos hídricos, también se observó si existe presencia del poder público con respecto a los servicios de alcantarillado, entre saneamiento básicos que se debería tener en la zona.

A partir de estas informaciones se obtuvo los datos referentes a la ocupación irregular o no del área, se realizará una revisión donde se pueda encontrar información sobre la presencia en las márgenes de los ríos. Así para el manejo de las márgenes del río y poder obtener información de cómo la actividad antrópica afecta al río.

#### 4.3 LOS IMPACTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPRESA HIDROELÉCTRICA

Se realizó un levantamiento bibliográfico en donde se destacó los impactos ambientales que producen las construcciones de las hidroeléctricas, estos artículos dan como resultado, el incremento de los ingresos públicos municipales, impactos en las poblaciones locales, la alteración del medio físico y biológicos (Tractebel, 2017) Estos fenómenos mencionado son los que están afectando el área en donde se llevó a cabo la investigación, después del levantamiento bibliográfico, se realizó un análisis de campo y un levantamiento fotográfico (**Figura 3**) en todo el cauce bajo del río hasta su desembocadura,

en donde se pudo observar cuales son los tipos de impactos ambientales que se observó después la construcción de la hidroeléctrica en el río.

**Figura 3:** Levantamiento fotográfico A) Contaminación del riachuelo que desemboca con el Rio Acaray B) Quema de basura en la margen del Rio Acaray.



Fuente: ROLON, 2024.

Los cambios en el régimen hidrológico, la afectación del flujo hídrico, la estacionalidad y la mayor carga de sedimentos afectan procesos ecológicos como las migraciones de peces, de gran importancia pesquera. Los efectos indirectos de esta infraestructura inciden en los humedales y sobre otros ecosistemas en los planos de inundación. En consecuencia, en el desarrollo hidroeléctrico del país se deben sopesar costos y beneficios de proyectos individuales y sectoriales, aplicando el concepto de evaluación ambiental estratégica que es de particular relevancia en la gestión de la Biodiversidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, p.89).

#### 4.4 ANÁLISIS DE COLECTA DE AGUA

El análisis incluyó la evaluación de coliformes fecales, que se utiliza para detectar la posible presencia de contaminación por aguas residuales o desechos animales. También se llevó a cabo el análisis de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno en el agua) para obtener una comprensión más detallada de los niveles de oxígeno disuelto en el agua. Además, se esperaba que estos datos sirvieran como base para futuras investigaciones científicas y proyectos de gestión ambiental en la región.

Para llevar a cabo la recolección de muestras, se emplearon dos tipos de recipientes: uno de vidrio estéril (In natura) y otro de plástico previamente esterilizado. La muestra de agua fue obtenida utilizando un balde pequeño en tres puntos distintos a lo largo del río,

posteriormente siendo transferida a los frascos correspondientes y luego agregada a una caja térmica con hielo, para la conservación de las muestras.

Las muestras recolectadas fueron llevadas al Laboratorio Ambiental de la Itaipú Binacional para su análisis posterior de los parámetros de calidad de agua utilizando los siguientes métodos:

#### 4.4.1. Método Potenciométrico para pH:

Este método implica el uso de un potenciómetro, un dispositivo que mide el potencial eléctrico de una solución. En el análisis de pH, el potenciómetro detecta la diferencia de potencial entre dos electrodos sumergidos en la muestra de agua. El pH se determina según la concentración de iones de hidrógeno presentes en la solución, lo que proporciona información crucial sobre la acidez o alcalinidad del agua. Un pH óptimo es fundamental para mantener el equilibrio ecológico y la salud de los ecosistemas acuáticos (Vilasó & Cadrel, 2023)

#### 4.4.2 Método Sustrato Enzimático Cromogénico ONPG-MUG para *Escherichia coli*:

Este método implica el uso de un sustrato enzimático cromogénico ONPG-MUG para la detección de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*). ONPG-MUG es un sustrato que, cuando es metabolizado por las enzimas producidas por *E.coli*, genera productos químicos que provocan un cambio de color en la muestra. Este cambio de color se puede cuantificar y correlacionar con la concentración de *E.coli* presente en el agua. La presencia de *E. coli* en el agua puede indicar contaminación fecal y posibles riesgos para la salud pública (Gomez & Vázquez, 2001)

#### 4.4.3 Método Respirométrico DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno):

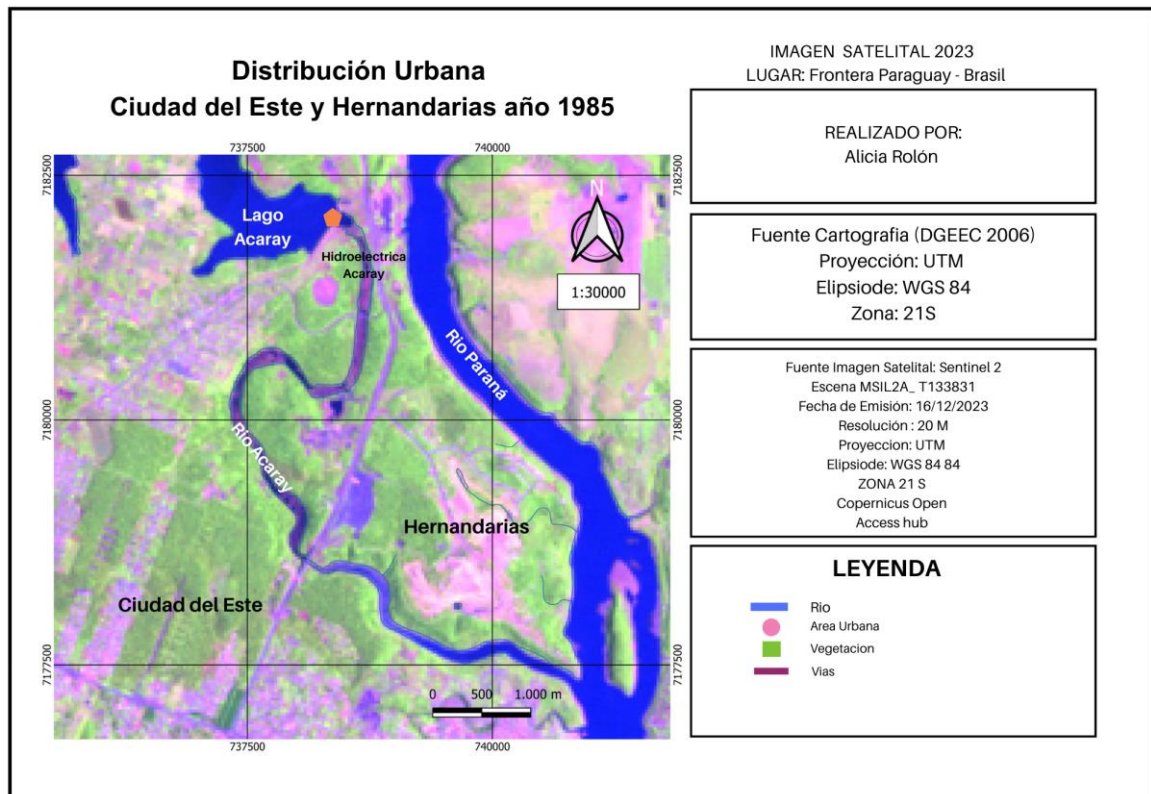
El método respirométrico DBO implica medir la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos presentes en la muestra de agua durante su degradación biológica. Se incuban las muestras en condiciones controladas durante un período específico de tiempo, y luego se mide la disminución resultante en la concentración de oxígeno disuelto en la muestra. Esta disminución en el oxígeno disuelto es una indicación directa de la cantidad de materia orgánica presente en el agua y, por lo tanto, de su nivel de contaminación. La DBO es un indicador importante de la salud general del cuerpo de agua y su capacidad para sostener la vida acuática (Vladimir, 2015)

## 5. RESULTADOS

### 5.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA REGIÓN

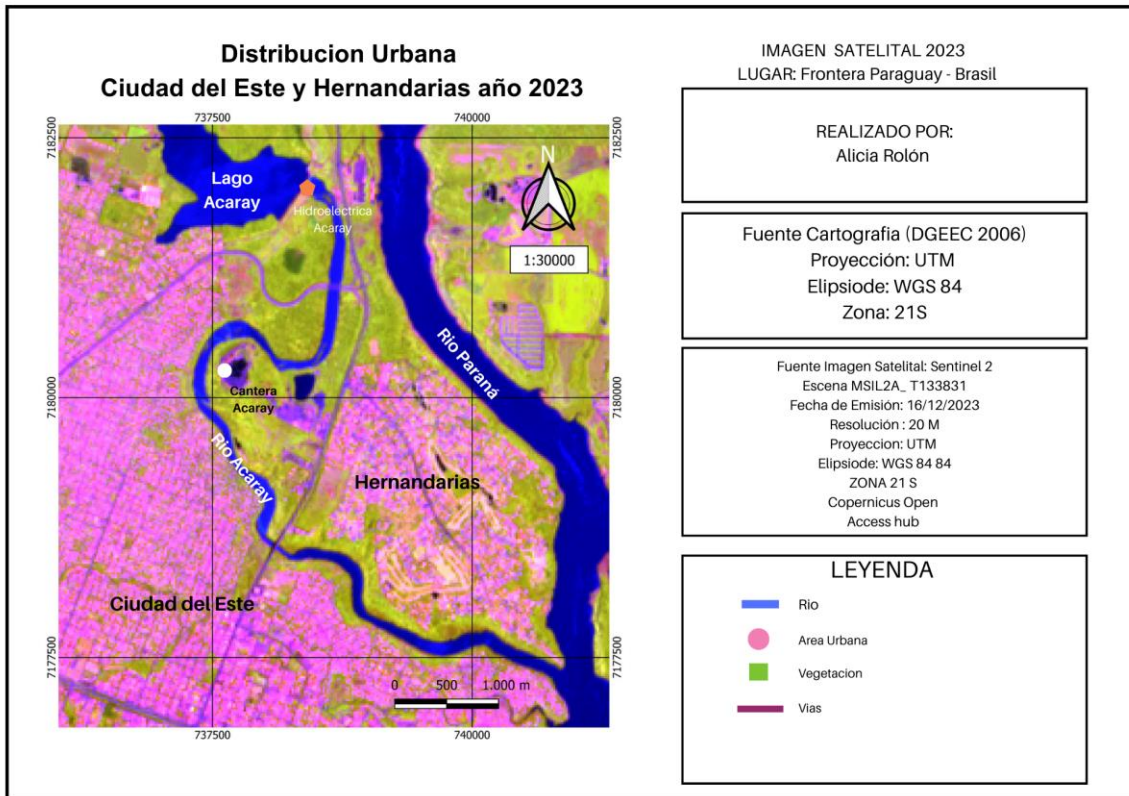
El crecimiento urbano en las áreas adyacentes al río ha experimentado un marcado aumento, como se evidencia al comparar las imágenes obtenidas de la base de datos Cartografía (DGEEC 2006). La imagen satelital de los años 1985 y 2023 (**figuras 4 y 5**).

**Figura 4:** Mapa de Distribución Urbana, Ciudad del Este y Hernandarias Año 1985.



Fuente: ROLON, 2024.

**Figura 5:** Mapa de Distribución Urbana, Ciudad del Este y Hernandarias Año 2023



Fuente: ROLON, 2024.

Se demuestra una distribución urbana en Ciudad del Este y Hernandarias, en la (Figura 4) se puede observar un área en donde se encuentra una mayor vegetación cerca de las márgenes del río lo que nos da entender que el área aún no se encontraba con una alta área de ocupación. El área en donde se encuentra el Country club actualmente que es de Hernandarias aún se encontraba con una gran zona verde en el mapa en donde se encuentra escrito Hernandarias. Sin embargo, en el mapa que se observa de la distribución urbana de Ciudad del Este y Hernandarias del año 2023 (Figura 5). Se puede observar en el color rosa dentro del mapa como ha existido un incremento en la ocupación urbana de las ambas ciudades. Se puede observar en el mapa actual que existe una cantera denominada Constructora Acaray que hasta en la actualidad se encuentra en funcionamiento y se encuentra próximo al cauce del río.

También se registra la presencia de una cantera conocida como la Cantera de Acaray, según relatan los trabajadores del área en donde se extrae materia prima para la construcción de la Hidroeléctrica Acaray lo cual al ser explotada hasta que se llegó a un punto en donde encontraron una vena de agua subterráneas haciendo que esa cantera se inunde teniendo una formación de un lago en esa zona (Figura 6).

**Figura 6:** Foto del Lago Acaray, Hernandarias - Paraguay



Fuente: ROLON, 2024.

Sin embargo, en las márgenes que se encuentran en la ciudad de Hernandarias son márgenes que se encuentran sin ningún tipo de urbanización puesto que son áreas en la mayoría que son consideradas zonas privadas entre ella se encuentran la Cantera Acaray y después del puente Cavalcanti se encuentra una zona residencial llamado Paraná Country Club. Durante la salida de campo, se pudo observar en la margen del barrio residencial Paraná Country Club la presencia de una zona de protección, como lo establece la ley N° 3239 en su Artículo 23 (Leyes del Paraguay, 2007). Esta disposición señala que la zona de protección debe tener un ancho de cien metros a partir de las fuentes de agua en ambas márgenes del río.

## 5.2 IMPACTOS DE LA HIDROELÉCTRICA AL RÍO ACARAY

Se realizó un levantamiento fotográfico en el mes de marzo del 2024 en el cual se pudo fotografiar las condiciones en el cual se encuentra el cauce bajo del Río Acaray hasta su desembocadura. En donde se puede presentar la existencia de la falta de flujo continuo de agua, pozos de agua en donde el agua queda estancada y existe la presencia de larvas de mosquito (**Figura 7**)

**Figura 7:** Cauce bajo Río Acaray sin agua a causa del cierre de las compuertas de la Hidroeléctrica Acaray.



Fuente: ROLON, 2024

La presencia de tanque en donde se llegaron a observar la presencia de peces que no pueden tener un trayecto natural por el río, haciendo que se queden en estanques hasta que se libere el de agua o hasta que se seque el estanque. Durante un período de escasez de circulación de agua en el tramo del río, se pudo constatar la presencia de quema de cables (**Figura 8**).

**Figura 8:** Estanques donde se encuentran peces.



Fuente: ROLON, 2024.

### 5.3 RESULTADOS DE LAS COLECTAS

Para seleccionar los puntos de recolección, fue necesario inspeccionar el cauce del río. Debido al cierre del vertedero en el día de la recolección, el flujo de agua era limitado, lo que nos obligó a identificar áreas con algún nivel de flujo. Esto implicaba la presencia de zonas lénticas y zonas lóxicas. Decidimos elegir varios puntos de recolección, aunque no

podimos medir con precisión la distancia entre las orillas y el cauce del agua debido a dos factores predominantes: la baja circulación del agua y la existencia de áreas designadas como zonas rojas, donde el acceso al río conllevaba un riesgo significativo. Por lo tanto, optamos por recolectar muestras en lugares accesibles y seguros para asegurar la viabilidad del proceso de recolección.

Los resultados de los análisis que fueron realizados de la colecta en los tres puntos del cauce bajo del Río Acaray, lo cual fueron llevados para análisis en el laboratorio ambiental de la ITAIPÚ BINACIONAL, utilizando los parámetros dados por la ley paraguaya mediante la resolución n° 222/22 y en Brasil por la legislación brasileña resolución CONAMA n°. 274, dando valores que podemos observar en las tablas presentadas abajo.

Al revisar la tabla de recolección correspondiente a los tres puntos Tabla 1, se destaca que el pH registrado en los puntos colectados se encuentra en aumento de pH desde el inicio hasta la desembocadura. Sin embargo, se puede destacar que está dentro del intervalo especificado por la legislación vigente en Brasil y Paraguay, que establece un rango aceptable de 6.0 a 9.0 para el pH en cuerpos de agua.

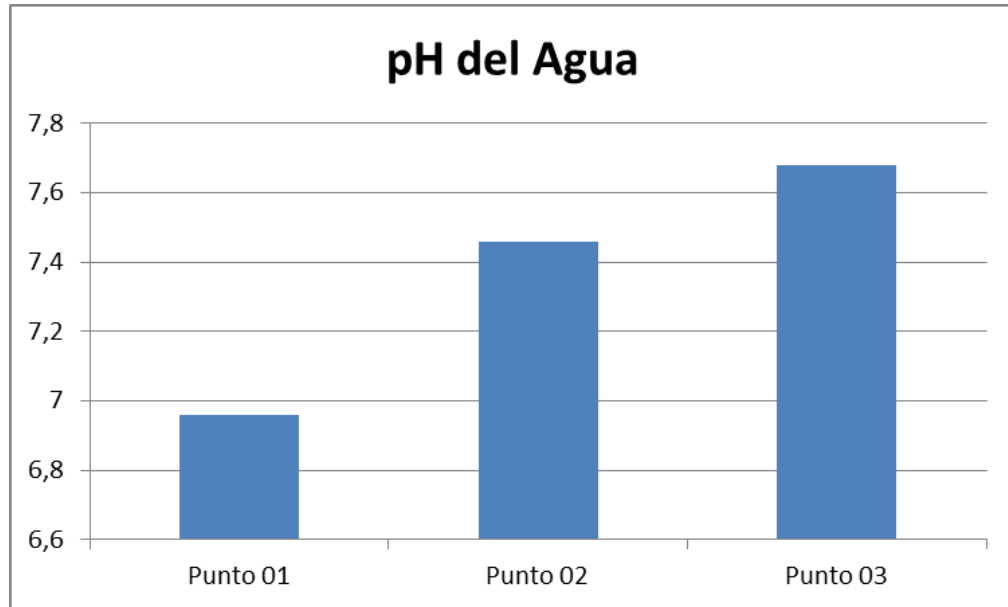
**Tabla 1** – Valores de referencia y resultados de los datos de pH

<b>Punto de colecta</b>	<b>PH</b>	<b>Referencia Br</b>	<b>Referencia Py</b>
Punto 01	<b>6,96</b>	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Punto 02	<b>7,46</b>	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Punto 03	<b>7,68</b>	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0

Fuente: ROLON, 2024.

El gráfico 1 proporciona una representación visual de la relación entre los niveles de pH en tres puntos de recolección y el grado de urbanización en los alrededores. Se puede observar claramente que en el punto 01, el pH se encuentra dentro de un rango considerado normal, lo que sugiere una menor influencia de actividades urbanas. Sin embargo, a medida que avanzamos hacia el punto 03, se observa un pequeño aumento en los niveles de pH, indicando una mayor urbanización en las márgenes del río.

**Gráfico 1**– Resultados que presenta el aumento de pH desde el punto 01 hasta el punto 03.



Fuente: ROLON, 2024.

Los resultados del recuento de *E. coli* en las muestras de agua, detallados en la Tabla 2, revelan que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación tanto en Brasil como en Paraguay. Según las regulaciones vigentes, el máximo permitido es de hasta 800 NMP/100mL en Brasil y 1000 NMP/100mL en Paraguay. Este cumplimiento con los estándares legales es crucial para garantizar la calidad del agua y proteger la salud pública.

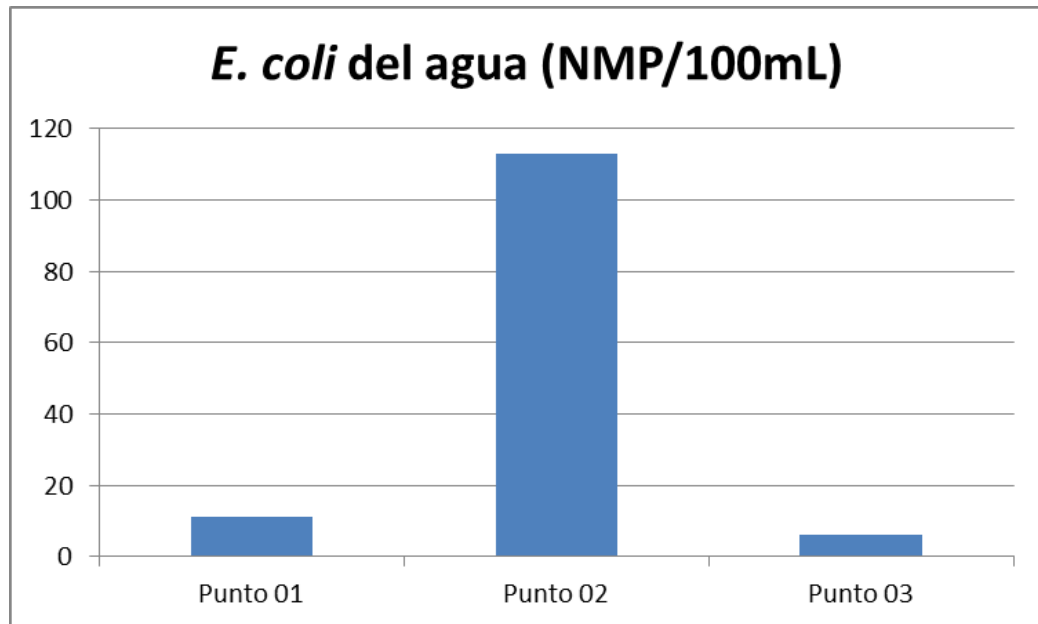
**Tabla 2 –** Valores de referencia y resultados de los datos de Pesquisa de *E. coli*

Punto de colecta	Pesquisa de Escherichia coli	Referencia Br	Referencia Py
Punto 01	<b>11</b> NMP/100mL	Até 800 NMP/100mL	1000 por 100 ML
Punto 02	<b>113</b> NMP/100mL	Até 800 NMP/100mL	1000 por 100 ML
Punto 03	<b>6</b> NMP/100mL	Até 800 NMP/100mL	1000 por 100 ML

Fuente: ROLON, 2024.

El resultado del gráfico 2 revela que el punto 02 presenta una concentración notablemente más alta de *E. coli* en comparación con los puntos 01 y 03, donde la presencia de esta bacteria no supera los 10 NMP/100 mL. A pesar de esta disparidad, es importante destacar que, aunque el punto 02 exhibe una mayor cantidad de *E. coli*, aún se mantiene dentro de los límites establecidos por las legislaciones vigentes en Brasil y Paraguay.

**Gráfico 2** – de Valores de referencia de *E. coli* en el cauce bajo del río Acaray - Paraguay



Fuente: ROLON, 2024.

El valor registrado para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), como evidencia la Tabla 3, se ajusta al parámetro establecido por las legislaciones tanto brasileña como paraguaya. Ambas leyes establecen un límite de hasta 5 mg/l, y el valor obtenido se encuentra dentro de este rango.

**Tabla 3** – Valores de referencia y resultados de los datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

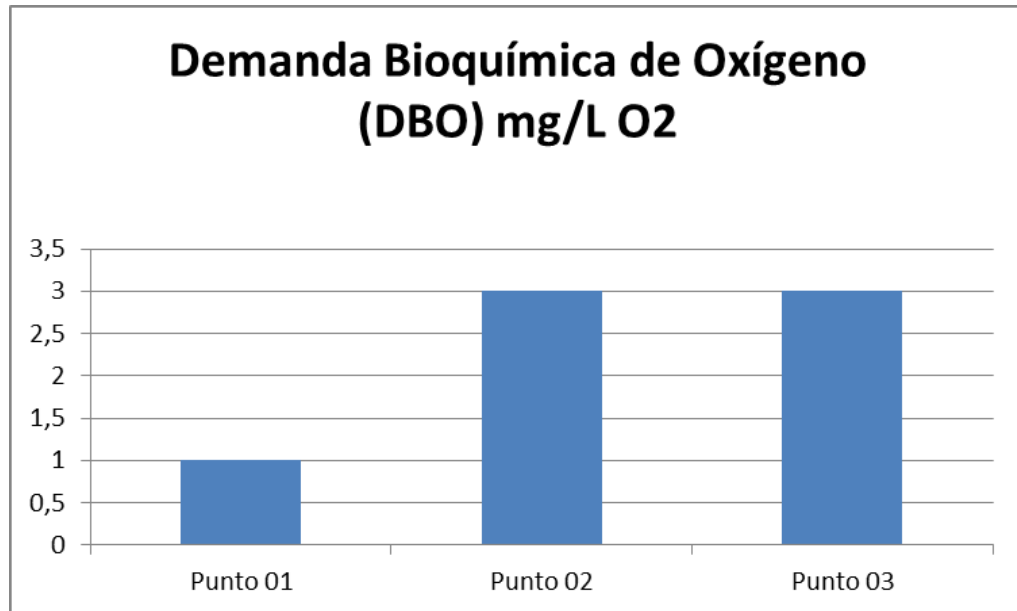
Punto de colecta	DBO	Referencia Br	Referencia Py
Punto 01	<b>1 mg/L O<sub>2</sub></b>	Até 5 mg/L O <sub>2</sub>	hasta 5 mg/l
Punto 02	<b>3 mg/L O<sub>2</sub></b>	Até 5 mg/L O <sub>2</sub>	hasta 5 mg/l
Punto 03	<b>3 mg/L O<sub>2</sub></b>	Até 5 mg/L O <sub>2</sub>	hasta 5 mg/l

Fuente: ROLON, 2024.

En el resultado representado en el gráfico 3 de DBO, se observa que el primer punto muestra un valor de 1 mg/L de oxígeno disuelto, mientras que los puntos 02 y 03 registran valores idénticos de 3 mg/L de oxígeno disuelto. A pesar de esta disparidad, es importante

destacar que todos estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación tanto brasileña como paraguaya para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

**Gráfico 3 – Valor obtenido para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**



Fuente: ROLON, 2024.

## 6 DISCUSIÓN

Ciudad del Este sigue siendo una de las fuentes económicas que alimenta el crecimiento de la población urbana en Paraguay junto con la capital del país Asunción (Goetz, 2014). Por lo que observamos que el crecimiento urbano fue aumentando en los últimos tiempos demostrando una diferencia significativa en términos de ocupación en las últimas dos décadas. El Atlas de la Área Metropolitana de Asunción proporciona información relevante sobre el desarrollo urbano que existe en Ciudad del Este (CDE), una ciudad estratégicamente ubicada en el este de Paraguay, próxima de las fronteras con Brasil y Argentina. En el documento se destaca que el crecimiento acelerado de la urbanización de Ciudad del Este durante la década de 1980, ha sido impulsado por factores como la finalización de la represa de Itaipú, el aumento de los intercambios fronterizos y la expansión de la producción agrícola en la región. La alta demanda de las viviendas, servicios y empleo en la ciudad pudo haber llegado a generar una presión constante sobre el desarrollo urbano, dificultando así una planificación a largo plazo. La necesidad de poder satisfacer las necesidades inmediatas de la población pudo haber llevado a la toma de decisiones improvisadas en lugar de una planificación bien estructurada.

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, nos enfrentamos a una escasez de información y estudios sobre la hidrología, aunque Paraguay posee leyes, estas poseen un cierto contratiempo al ser aplicadas. Esto podría incluir medidas para proteger las fuentes de agua, regular el uso de recursos hídricos, promover prácticas sostenibles de gestión del agua y fortalecer los mecanismos de supervisión y cumplimiento. De acuerdo con Vidal (2010), la urbanización puede ocasionar pérdida de vegetación ribereña y lo que a su vez puede llegar a aumentar las posibilidades de inundaciones, lo que afectan el bienestar de las personas que están viviendo en la margen del río, así como sus propiedades y medios de vida. Así también las erosiones de las laderas, modifican los componentes del ciclo hidrológico, teniendo como resultado inundaciones más frecuentes y severas a lo largo de la cuenca. La gestión adecuada de los recursos hídricos es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental, la seguridad hídrica y el bienestar de la población. Paraguay enfrenta desafíos significativos en este sentido, incluida la urbanización no planificada, por lo que la participación activa de la sociedad civil y la cooperación entre diferentes actores, incluidos el gobierno, y el sector privado, son clave para garantizar una gestión equitativa y eficaz de los recursos hídricos en Paraguay.

Cuando es mencionado a la represa hidroeléctrica Acaray, según la Evaluación de Impacto Ambiental de la central Hidroeléctrica Acaray en el año 2017 el país enfrenta la problemática de una urbanización no planificada, también se presenta como una barrera física que afectan la migración de los peces, las represas pueden generar una barrera imposible de pasar, y para las especies que se trasladan aguas abajo, el camino puede ser peligroso (Becker; Abernethy; Dauble, 2003). Las barreras no solamente llegan a dividir la continuidad de los ríos, sino que también pueden resultar en la pérdida de hábitats. Según Koerber (2017), en el área de influencia del Acaray se determinaron, a partir de datos secundarios, 37 especies de peces, distribuidas en 16 familias y seis órdenes. Además, el cierre de los vertederos crea remansos de agua donde los peces quedan atrapados, impidiendo su desplazamiento y resultando en su captura por parte de los habitantes locales o incluso su muerte debido a la falta de oxígeno en esos remansos, acarreando perjuicios en el ciclo de vida de algunas especies, principalmente, en la reproducción y alimentación (Makrakis, 2011).

Durante la realización de los análisis de los parámetros, se tuvieron en cuenta los estándares de calidad del agua establecidos por la legislación paraguaya y brasileña haciendo una comparación de los valores de referencia sobre pH, DBO, *E. Coli*, estos resultados de calidad del agua muestran que los parámetros evaluados, se encuentran

dentro de los límites establecidos por la legislación paraguaya haciendo una comparación con la legislación brasileña. En ambos países se pudo observar que el pH tiene el valor de referencia del 6,0 a 9,0 y que entre los tres puntos de colectas se encuentran dentro de lo establecido pudiendo constatar que el ambiente se encuentra con la alcalinidad neutra. Sin embargo, se observa que el punto uno es el que tiene un nivel bajo y que va en aumento hasta llegar al punto tres eso se podría deber a que cerca de la desembocadura existe una mayor concentración de urbanización haciendo que posiblemente aumente el pH eso puede deberse a que en las áreas urbanizadas se tiende a generar mayores cantidades de aguas residuales, lo que pueden llegar a contener productos que sean químicos como detergentes, productos de limpieza y otros contaminantes.

Estos productos pueden llegar a modificar el pH del agua cuando se descargan en el río. Además de lo mencionado anteriormente, la urbanización en las áreas cercanas a los ríos puede llegar a introducir una variedad de contaminantes microbiológicos, como la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*). Se encuentra presente en las heces humanas y también de los animales, puede ingresar al agua de los ríos a través de diversas vías, incluidas también las descargas de aguas residuales, y el escurrimiento urbano. Es alentador saber que, según la recolección de datos que fueron realizados, la presencia de *E. coli* en el cauce del río es mínima. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el agua del Río Acaray se encuentra dentro de lo dicho estipulado por la ley en ambos países. Sin embargo, dada la urbanización cercana y las actividades humanas que pueden influir en la calidad del agua, como bien es observado entre los tres puntos que en donde se encuentra mayor urbanización es mayor la cantidad de DBO, por eso es fundamental establecer estrategias de monitoreo continuo y de gestión de la calidad del agua para prevenir la contaminación y garantizar la sostenibilidad de este recurso vital.

Para concluir la discusión, es importante resaltar la necesidad urgente de abordar los desafíos relacionados con la gestión de los recursos hídricos en el Paraguay. La presencia de contaminantes en el agua, la afectación de la biodiversidad acuática debido a las barreras construidas para la generación de energía eléctrica y la falta de regulaciones efectivas son temas críticos que requieren atención inmediata. Es fundamental que se implementen medidas concretas para mejorar la calidad del agua, proteger los ecosistemas acuáticos y garantizar el acceso equitativo al agua potable para todos los ciudadanos. Esto solo será posible a través de la colaboración y la acción coordinada entre el gobierno, la sociedad civil, las comunidades locales y el sector privado. Debemos comprometernos a

trabajar juntos para promover una gestión sostenible y responsable de los recursos hídricos con el objetivo de preservar este recurso vital para las generaciones presentes y futuras.

## **7 CONSIDERACIÓN FINAL**

Este estudio resalta la importancia crítica de abordar de manera integral los desafíos ambientales presentes en el Río Acaray-Paraguay. Desde la evaluación de los impactos de la infraestructura hasta la implementación de medidas de conservación y sostenibilidad, se evidencia que solo a través de una gestión responsable y coordinada de los recursos hídricos y del entorno natural se podrá llegar a garantizar la preservación de este valioso ecosistema para las generaciones futuras.

Es crucial reconocer que la conservación de este recurso vital no solo es una responsabilidad ambiental, sino también un imperativo para proteger la salud y el bienestar de las comunidades que dependen de él. En este contexto, la necesidad de abordar los desafíos ambientales del Río Acaray-Paraguay adquiere una urgencia renovada. La implementación de medidas efectivas de gestión de recursos hídricos, junto con políticas de conservación del entorno natural, se vuelve imperativa. Es esencial fomentar una conciencia colectiva sobre la importancia de preservar este ecosistema vital, así como promover la colaboración entre diversos actores, desde autoridades gubernamentales hasta organizaciones comunitarias y sector privado.

Solo a través de un enfoque integral y proactivo, basado en el conocimiento científico y la participación activa de la comunidad, se podrá garantizar un futuro sostenible para el Río Acaray y las generaciones venideras.

## REFERENCIAS

- ANDE, **Nuestra Hidroeléctrica, central hidroeléctrica Acaray**. Disponible en: <<https://www.ande.gov.py/documentos/CH-ACARAY-WEB.pdf>> accedido en 30 de mayo 2023.
- ATLAS DEL AMA. **ANÁLISIS URBANO Y CARTOGRÁFICO DEL ÁREA METROPOLITANA DE ASUNCIÓN**. Vías a la Sustentabilidad. Asunción, Paraguay. 2021. 294 p.
- ANDE - ADMINISTRACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD. **Aprovechamiento Hidroeléctrico Integral del Río Acaray. Informe de Factibilidad**, v1.1970 Anteproyecto. 156p.
- BOJORGE-GARCIA, M. G.; CANTORAL URIZA, E. A. **La importancia ecológica de las algas en los ríos. Hidrobiológica**, Ciudad de México , v. 26, n. 1, p. 1-8, abr. 2016 . Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972016000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000100002&lng=es&nrm=iso)>. Accedido en: 1 jun. 2023.
- BARRANTES, A., CHACÓN, A., SOLANO, M., & ACHÍ, R. **Calidad bacteriológica del agua superficial de la Microcuenca del Río Purires, Costa Rica**. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, n 33, p. 40-45. 2013.
- BOJORGE-GARCÍA, M. G.; CARMONA, J.; RAMÍREZ, R. **Species richness and diversity of benthic diatom communities in tropical mountain streams of Mexico**. Inland Waters 4 (3): 279-292. 2014.
- BONILLA DE TORRES, B.L.; ESTRADA, C.; TENSOS, F.; MILTON, J.; GONZÁLES; DE LOS ÁNGELES, C.; DE LINARE, A. **Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA)**. Editorial Universitaria. El Salvador. 2010.
- BONILLA. S. **Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay**, Uruguay, 2015. Disponible en < <https://www.redalyc.org/pdf/6061/606166715002.pdf>.> accedido el 15 de junio.
- BECKER, J. M.; ABERNETHY, C. S.; DAUBLE, D. D. **Identifying the effects on fish of changes in water pressure during turbine passage**. Hydro Review. p. 1–5, Sep. 2003.
- CORRAL, M.; RODRÍGUEZ, A. **Simulación Numérica de transporte y de calidad del agua en el embalse de Molinos, Bariloche**, 2012. Disponible en: <<https://amcaonline.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/335/322>>. Accedido en: 26 mayo 2023.
- DAILY, G.; ALEXANDER, S., EHRLICH, P.; GOULDER, L.; LUBCHENCO, J., MATSON, P.; MOONEY, H.; POSTEL, S.; SCHNEIDER, S.; TILMAN, D.; WOODWELL, G. **Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems**. Issues in Ecology 2, 1-16. 1997
- DI BITETTI, M. S.; PLACCI, G.; DIETZ, L. A. 2003. **Una Visión de Biodiversidad para la Ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná: Diseño de un Paisaje para la**

**Conservación de la Biodiversidad y prioridades para las acciones de conservación.** Washington, DC, World Wildlife Fund. 156 pp

GÓMEZ, J.; GARRIDO VÁZQUEZ, J. **ESTÚDIO DE UM MÉTODO EFICAZ PARA DETECÇÃO DE *ESCHERICHIA COLI* EM ÁGUAS.** Laboratório-Santiago. 2000. Disponível em:

<[https://www.academia.edu/14385587/ESTUDIO\\_DE\\_UN\\_M%C3%89TODO\\_EFICAZ\\_PARA\\_LA\\_DETECCI%C3%93N\\_DE\\_ESCHERICHIA\\_COLI\\_EN\\_AGUAS](https://www.academia.edu/14385587/ESTUDIO_DE_UN_M%C3%89TODO_EFICAZ_PARA_LA_DETECCI%C3%93N_DE_ESCHERICHIA_COLI_EN_AGUAS)>. Accedido en: 2024

GUILLÉN, V.L. **MICROORGANISMOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUAS, COSTA RICA.** Disponible en: <[https://www.researchgate.net/profile/Bert-Kohlmann/publication/279448839\\_MICROORGANISMOS\\_COMO\\_BIOINDICADORES\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_AGUAS/links/5e691015299bf108eaceebaf/MICROORGANISMOS-COMO-BIOINDICADORES-DE-CALIDAD-DE-AGUAS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Bert-Kohlmann/publication/279448839_MICROORGANISMOS_COMO_BIOINDICADORES_DE_CALIDAD_DE_AGUAS/links/5e691015299bf108eaceebaf/MICROORGANISMOS-COMO-BIOINDICADORES-DE-CALIDAD-DE-AGUAS.pdf)>. Accedido en: 3 Junio. 2023

GRASSI, B.; V, F.; RODRIGUEZ, R. **Evidencias científicas e impactos económicos del cambio climático en el departamento de Alto Paraná. MADES-STP.** Asunción, Paraguay. 2020.

INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA) Disponible en: <<https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Accedido: 15 de junio. 2023

LEYES PARAGUAYAS. 2007. Disponible en: <<https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del-paraguay>>. Accedido: 9 de junio. 2023

MENDOZA CARINO, M. *et al.* Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. **Rev. Int. Contam. Ambient**, Ciudad de México , v. 30, n. 4, p. 429-436, 2014 . Disponible en: <<http://www.scielo.org.mx/scielo>>. Accedido en: 31 mayo. 2023.

MEGAREJO, **Proyecto de extracción de arena**, Hernandarias, 2016. Disponible en <[https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/R2438.2016\\_EXTRACCION-DE-ARENA\\_12486.16\\_HUGO-ANIBAL-MELGAREJO-SOSA.pdf](https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/07/R2438.2016_EXTRACCION-DE-ARENA_12486.16_HUGO-ANIBAL-MELGAREJO-SOSA.pdf)>. Accedido en: 26 mayo. 2023.

MENDOZA CARINO, Mayra *et al.* **Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México.** Rev. Int. Contam. Ambient, Ciudad de México , v. 30, n. 4, p. 429-436, 2014. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000400010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400010&lng=es&nrm=iso)>. Accedido en: 1 jun. 2023

MAKRAKIS, S. *et al.* **Ascent of neotropical migratory fish in the Itaipu Reservoir fish pass.** 59 River Research and Applications, v. 27, n. 4, p. 511–519. 2011.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; LAMOREUX, J. F.; RICKETTS, T. H.; ITOUA, I.; WETTENGEL, W. W.; KURA , Y; KASSEM, H. **Ecorregiones terrestres del mundo: un nuevo mapa de la vida en la Tierra.** Biociencia. n. 51, p. 933-938. 2001.

PAUTA, G. **Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador.** 2019. Disponible en: <<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2670>>. Accedido en: 5 de Junio. 2024.

PANDA. **Urge salvar a los ríos en el mundo.** 2019. Disponible en: <[https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?347702/rios-libres](https://wwf.panda.org/wwf_news/?347702/rios-libres)> accedido en 10 de junio.  
Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad. Disponible en <[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf)>. Accedido en: 15 de junio. 2023.

RIVAS, A. W.; GOMEZ, R. E; MONTERROSA, A. J. **Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador.** San Salvador (SV). Editorial Universitaria UES. p. 48. 2010.

ROLDAN, G. **Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP.** Antioquia (CO) : Universidad de Antioquia. ISBN: 958-655-081-8. p: 170. 2003.

RUIZ, S. N. E.; ESCOBAR, C.A. Y.; ESCOBAR, J. C. **Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua.** Ing. Investig. Bogotá , v. 27, n. 3, p. 172-181, 2007 . Disponible en: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&nrm=iso)>. Accedido en: 2 junio. 2023.

TRACTABEL, **Relatório de impacto ambiental, central Hidroelétrica Acaray,** Belo Horizonte. 2017. Disponible en: <<https://www.mades.gov.py>>. Accedido en: 25 mayo. 2023.

U.S. Fish and Wildlife Service. **Habitat Evaluation Procedures.** ESM 102. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Division of Ecological Services. Washington D.C. 1980.

VELLOSO, P. E.; GOES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionomica-ecológica da vegetação neotropical.** Bol. Téc. Radam-Brasil (series Vegetação). p. 1-80. 1982.

VILASÓ-CADRE, J. FONTANET, J. G.; PIÑA, J. J. **Métodos potenciométricos y conductimétricos de bajo costo: una revisión.** Innotec, v. 25, 2023. Disponible en: <<https://doi.org/10.26461/25.01>>. Accedido en: 2023.

HUANCA, V.; GARCIA, E. PANIAGUA, J. **Implementación del método respirométrico manométrico en la medición de la demanda bioquímica de oxígeno 5, para el control de calidad de aguas.** Disponible en: <<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/18146>>. Accedido en: 2024.