



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE  
GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**DOCUMENTO ÍNDICE**

**C553-GU2-MD-CA-DC-500**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE

## PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/2024 REV 2
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	Para definir los problemas y causas principales relacionados con la calidad del agua en las subcuencas de estudio, se abordaron las tareas necesarias para diseñar y configurar un sistema de información geográfica con el inventario de descargas de aguas de aguas residuales y generación de desechos sólidos; se elabora un resumen sobre los problemas identificados con su caracterización y efectos con el fin de identificar las fuentes contaminantes. Adicionalmente se realiza una propuesta básica para la futura implementación de un sistema de monitoreo de la calidad del agua



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE**

**ÍNDICE**

**1. INTRODUCCIÓN .....4**

**2. ALCANCE .....4**

**3. OBJETIVO .....4**

**4. RESUMEN EJECUTIVO .....5**

**5. PRODUCTOS .....6**

**5.1. DOCUMENTOS .....6**

**5.2. MAPAS .....7**

**ANEXOS**

---

C553-GU2-MD-CA-DC-501	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
C553-GU2-MD-CA-DC-502	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DE LOS SITIOS DETECTADOS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.
C553-GU2-MD-CA-DC-503	INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.
C553-GU2-MD-CA-DC-504	PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
C553-GU2-MD-CA-DC-505	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.

R1.04 -1	MAPA C553-GU2-MP-RS-DC-124 PUNTOS DE CONTAMINACIÓN
R1.04 -2	MAPA C553-GU2-MP-GE-DC-112 INDUSTRIAS

**MAPAS**

---

C553-GU2-MP-AB-DC-500	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-501	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-502	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR ALDEAS
C553-GU2-MP-AB-DC-503	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS POR ALDEAS

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE****1. INTRODUCCIÓN**

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto "Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa".

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En el presente documento se indican las tareas necesarias para definir los problemas de contaminación en las subcuencas, tales como el diseño y configuración de un sistema de información geográfica con el inventario de descargas de aguas de aguas residuales y generación de desechos sólidos; elaboración de un resumen sobre los problemas identificados con su caracterización y efectos con el fin de identificar las fuentes contaminantes. Adicionalmente se realiza una propuesta básica para la futura implementación de un sistema de monitoreo de la calidad del agua

**2. ALCANCE**

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **"CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE" DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto "Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa", Componente 2, Subcomponente 2.3: "Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática", específicamente lo relativo al "Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande"; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

**3. OBJETIVO**

El presente documento contiene el desarrollo de la **Actividad R1.04. Definición de problemas**, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo a un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta el Documento Índice.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE

### 4. RESUMEN EJECUTIVO

Para la elaboración del documento de la información geográfica de las descargas de aguas residuales y generación de desechos sólidos, en la fase de importación y preprocesamiento, se recolectaron datos provenientes de diversas fuentes, como dispositivos GPS, teléfonos inteligentes, Shapefiles bases, etc. Estos se integraron en un formato unificado utilizando herramientas avanzadas de QGIS. Estos datos fueron recolectados durante visitas técnicas meticulosamente planificadas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de contaminación presentes en las subcuencas, como residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales. Además, se consideró la ubicación estratégica de las industrias y las unidades militares, lo que permitió identificar y georreferenciar las zonas donde se concentran vertientes contaminantes. Durante el proceso de integración, las coordenadas geográficas se ajustaron al sistema de referencia WGS 84, y se convirtieron todos los datos geoespaciales a formatos compatibles, como Shapefile y GeoTIFF, para asegurar su correcto manejo y análisis en el sistema SIG.

Con toda esta información se dispuso a definir el diseño del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) del inventario de descargas residuales y generación de desechos sólidos. Para este sistema se utilizó el software Qgis 3.16 y sus complementos.

En la etapa de diseño conceptual del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) se identificaron los objetivos y se definieron las funcionalidades del sistema. En la fase de diseño lógico se definieron las herramientas de computación a usar y las estructuras de las bases de datos para los puntos de contaminación. Finalmente, el diseño físico abarcó la carga de la base de datos, posteriormente se define una interfaz siendo el producto de esta, en mapas y en tablas, con la información relativa al componente consultado. En la misma interfaz se permite además de la consulta, el mantenimiento de la base de datos, al poder eliminar o agregar registros, o hacer modificaciones a los datos de los mismos. El SIG propuesto aspira ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la gestión de preservación de la calidad del agua y gestión de obras que permitan la conservación de la misma.

En cuanto a la definición de los problemas, el desarrollo de estos productos surgió del procesamiento y análisis de los relevamientos realizados y los muestreos ejecutados por esta consultoría, cuyo resultado fue, entre otros, las principales fuentes contaminantes. Se clasificaron como contaminación de tipo sólido y contaminación por efluentes y descargas líquidas.

Para determinar cuáles problemas o parámetros están influyendo en el deterioro de calidad del agua de los embalses, se elaboraron Diagramas de Pareto, los mismos indicaron que, para el Embalse los Laureles y la Concepción las causas de mayor incidencia en el deterioro de los mismos fueron: Contaminación por aguas residuales domésticas, contaminación por uso de productos fertilizantes agrícolas, ausencia de control sobre las instalaciones militares e industriales y la dinámica intrínseca de los embalses, seguidas de: Contaminación por aguas residuales industriales, contaminación por uso de productos pesticidas/herbicidas y ausencia de gestión de los desechos sólidos.

En cuanto a los Diagramas de Pareto elaborados para las subcuencas y los embalses con los resultados de los muestreos de calidad del agua, los mismos indicaron que:

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE**

- Para la subcuenca Guacerique, los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%), en cuanto a su desvío al rango fijado por la Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña son: Hierro, turbiedad, microbiológicos (Coliformes Fecales) y color.
- Para el embalse los Laureles en cuanto a su desvío del Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas) y eutrofización son: Transparencia Secchi, Hierro, Clorofila-a, Nitratos y Fósforo Total.
- Para la subcuenca San José de Río Grande, los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%), en cuanto a su desvío al rango fijado por la Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña son: Hierro, turbiedad y color.
- Para el embalse la Concepción, en cuanto a su desvío del Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas) y eutrofización son: Transparencia Secchi, Hierro, Nitratos y Fósforo Total.

Finalmente, en este producto se desarrolla una propuesta básica para la instalación de un sistema de monitoreo remoto de parámetros clave de la Calidad del agua en distintos puntos de la Subcuencas Guacerique y San José de Río Grande y en los Embalses Los Laureles y La Concepción.

## **5. PRODUCTOS**

A fin de dar cumplimiento a los objetivos del Estudio, en la actividad “Definición de problemas” se desarrollan las tareas de campo y oficina requeridas para la presentación de los productos previstos en los Términos de Referencia, listados a continuación:

### **5.1. DOCUMENTOS**

C553-GU2-MD-CA-DC-501	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
C553-GU2-MD-CA-DC-502	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DE LOS SITIOS DETECTADOS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.
C553-GU2-MD-CA-DC-503	INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.
C553-GU2-MD-CA-DC-504	PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA
C553-GU2-MD-CA-DC-505	IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - DOCUMENTO ÍNDICE

### 5.2. MAPAS

C553-GU2-MP-AB-DC-500	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-501	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-502	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR ALDEAS
C553-GU2-MP-AB-DC-503	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS POR ALDEAS



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE  
GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL  
INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y  
GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**C553-GU2-MD-CA-DC-501**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**





“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/2024 REV 2
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	Tomando el inventario de descargas de aguas residuales y generación de desechos sólidos de las subcuencas, relevados en los trabajos de campo de esta consultoría e integrados en una base de datos, se diseña y configura el sistema de información geográfica con la localización y características principales de cada elemento, con el fin último de elaborar mapas temáticos y archivos de formato shapefile.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ALCANCE</b> .....	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS</b> .....	<b>6</b>
<b>5. ESTRUCTURA BASE DE DATOS</b> .....	<b>7</b>
5.1. PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES .....	8
5.2. PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS .....	8
5.3. CAPAS VECTORIALES .....	9
<b>6. DESARROLLO DEL SISTEMA EN QGIS</b> .....	<b>10</b>
6.1. CONFIGURACIÓN INICIAL .....	10
6.2. EDICIÓN DE ATRIBUTOS Y SIMBOLOGÍA .....	11
6.3. INTEGRACIÓN DE CAPAS ADICIONALES .....	11
<b>7. ANÁLISIS ESPACIAL</b> .....	<b>11</b>
7.1. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD .....	11
7.2. SUPERPOSICIÓN DE CAPAS .....	11
<b>8. GENERACIÓN DE INFORMES Y MAPAS TEMÁTICOS</b> .....	<b>12</b>
8.1. ARCHIVOS SHAPEFILE .....	12
8.1.1. Preparación de los Datos para la Exportación .....	12
8.1.2. Proceso de Exportación .....	12
8.1.3. Verificación y Validación del Shapefile .....	12
8.2. MAPAS TEMÁTICOS .....	13
8.2.1. Mapas Representativos de la Definición de Problemas .....	13
8.2.2. Contextualización y Uso de los Mapas .....	15
8.3. GENERACIÓN DE INFORMES .....	16

**TABLAS**

Tabla 1. Ubicación de vertimientos por unidades militares .....	7
---	---

**FIGURAS**

Figura 1. Atributos de la capa de relevamientos fotográficos. Elaboración propia .....	9
Figura 2. Superposición de capas. Elaboración propia .....	10
Figura 3. Puntos de descarga de aguas residuales. Elaboración propia .....	15
Figura 4. Puntos de desechos sólidos. Elaboración propia .....	16



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**MAPAS**

---

C553-GU2-MP-AB-DC-500	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-501	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN SUBCUENCAS

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”.

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En el desarrollo del proyecto se ejecuta la presente consultoría, que tiene como objeto evaluar a las subcuencas del río Guacerique y San José Río Grande a nivel de los distintos tipos de contaminación (por agentes químicos, biológicos y físicos), debido a que estas subcuencas drenan en los embalses principales que abastecen de agua a las plantas para su posterior tratamiento y distribución al Distrito Central.

Para la identificación de agentes contaminantes a nivel espacial, como primera medida de la investigación se procedió a la recuperación de los datos y la información existente relacionada con puntos de contaminación empleando los instrumentos de encuesta no estructurada. Luego se realizó la selección y organización de los datos recolectados, para seguidamente verificarlos y analizarlos, obteniéndose como resultado, el detalle de la distribución de la contaminación de distintas fuentes. Con toda esta información se dispuso a definir el diseño del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) del inventario de descargas residuales y generación de desechos sólidos. Para este sistema se utilizó el software Qgis 3.16 y sus complementos.

En la etapa de diseño conceptual del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) se identificaron los objetivos y se definieron las funcionalidades del sistema. En la fase de diseño lógico se definieron las herramientas de computación a usar y las estructuras de las bases de datos para los puntos de contaminación. Finalmente, el diseño físico abarcó la carga de la base de datos, posteriormente se define una interfaz siendo el producto de esta, en mapas y en tablas, con la información relativa al componente consultado a nivel de subcuencas. En la misma interfaz se permite además de la consulta, el mantenimiento de la base de datos, al poder eliminar o agregar registros, o hacer modificaciones a los datos de los mismos. El SIG propuesto aspira ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la gestión de preservación de la calidad del agua y gestión de obras que permitan la conservación de la misma.

## 2. ALCANCE

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **“CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA**

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

**CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE” DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”, Componente 2, Subcomponente 2.3: “Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática”, específicamente lo relativo al “Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande”; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

### 3. OBJETIVO

El presente documento contiene el desarrollo de la **Actividad R1.04. Definición de problemas**, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo a un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta la información geográfica sistematizada a nivel de subcuencas, que permita la identificación, análisis, y gestión de puntos de descarga de aguas residuales y generación de desechos sólidos en las cuencas Guacerique y San José de Río Grande.

### 4. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS

En la fase de importación y preprocesamiento, se recolectaron datos provenientes de diversas fuentes, como dispositivos GPS, teléfonos inteligentes, Shapefiles bases, etc. Estos se integraron en un formato unificado utilizando herramientas avanzadas de QGIS. Estos datos fueron recolectados durante visitas técnicas meticulosamente planificadas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de contaminación presentes en las subcuencas, como residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales. Además, se consideró la ubicación estratégica de las industrias y las unidades militares, lo que permitió identificar y georreferenciar las zonas donde se concentran vertientes contaminantes. Durante el proceso de integración, las coordenadas geográficas se ajustaron al sistema de referencia WGS 84, y se convirtieron todos los datos geoespaciales a formatos compatibles, como Shapefile y GeoTIFF, para asegurar su correcto manejo y análisis en el sistema SIG.

Posteriormente, se realizó la estandarización de datos para mantener la coherencia en la base de datos geoespacial. Este paso es esencial para asegurar que los datos fueran fácilmente interpretables y utilizables por los distintos usuarios del sistema. Además, se llevó a cabo una verificación para identificar y corregir posibles duplicados o errores de georreferenciación, garantizando así que la información sobre los puntos de contaminación y su distribución espacial en las subcuencas fuera precisa y confiable.

En la siguiente tabla podemos visualizar la estandarización de los datos a modo de ejemplo.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**
**Tabla 1. Ejemplo: Ubicación de vertimientos por unidades militares**

Ubicación	Contaminante	Latitud	Longitud
Escuela Técnica del Ejercito	Aceites y grasas	-87.2586	14.06302
Cuartel General del Ejercito	Aceites y grasas	-87.26164	14.06045
Industria Militar	Aceites y grasas	-87.28209	14.05989
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Aceites y grasas	-87.26689	14.06165
Primer batallón de infantería	Aceites y grasas	-87.27661	14.05797
Policía Militar	Aceites y grasas	-87.27685	14.0498
Escuela Técnica del Ejercito	Aguas residuales	-87.25913	14.06529
Cuartel General del Ejercito	Aguas residuales	-87.26022	14.05749
Industria Militar	Aguas residuales	-87.28154	14.06097
Hospital Militar	Aguas residuales	-87.2653	14.05982
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Aguas residuales	-87.26645	14.06262
Primer batallón de infantería	Aguas residuales	-87.27668	14.05983
Universidad de Defensa, Escuela de Comando y Colegio de defensa Nacional	Aguas residuales	-87.26988	14.05964
Comando de Apoyo al Manejo de Ecosistemas y Ambiente	Aguas residuales	-87.27022	14.06114
Academia Militar	Aguas residuales	-87.29034	14.05683
Escuela Técnica del Ejercito	Combustible	-87.25773	14.06285
Cuartel General del Ejercito	Combustible	-87.26134	14.06014
Industria Militar	Combustible	-87.28197	14.0601
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Combustible	-87.267	14.06175
Primer batallón de infantería	Combustible	-87.27679	14.05911
Policía Militar	Combustible	-87.27628	14.04975

## 5. ESTRUCTURA BASE DE DATOS

La estructura de la base de datos para un Sistema de Información Geográfica (GIS) diseñado para gestionar información sobre contaminación y desechos se organiza en diversas capas y tablas, cada una con campos específicos para capturar y almacenar datos relevantes. Para esto se procedió a seleccionar el software que se adaptase mejor al SIG propuesto, tomando en cuenta, no solamente los beneficios que los mismos aportan, sino al mismo tiempo, aprovechar los recursos existentes, se determinó QGIS para la selección de información espacial en las capas del mapa y Google Maps para la visualización.

La información contenida en la base de datos, fue creada inicialmente en tablas de Microsoft Excel, por su versatilidad y facilidad de uso, formato que posteriormente se transformó en CSV para poder importarlos y luego definir los detalles de la estructura de datos tales como: tipo de campo, dominios y la nomenclatura apropiada de una base de datos funcional.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Para el manejo de la información geoespacial, se implementó la herramienta QuantumGis, utilizando la misma para hacer la integración de los diversos estudios previos, compuestos por capas uso del suelo, curvas de nivel, vialidad, hidrología, etc. que facilitaron la georreferenciación del plano.

##### **5.1. PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES**

Esta capa de datos se centra en los puntos donde se descargan aguas residuales. Cada entrada en esta capa está definida por los siguientes campos:

- ID: Un identificador único para cada punto de descarga, que facilita la referencia y gestión de los datos.
- Coordenadas (Latitud, Longitud): Las coordenadas geográficas precisas del punto de descarga, necesarias para su ubicación en el espacio.
- Tipo de Descarga: Tipo de aguas residuales descargadas.
- Fuente de Contaminación: Información sobre la fuente del contaminante, categorizada como industrial, residencial o militar, para entender la procedencia de la contaminación.
- Descripción: Un campo para proporcionar detalles adicionales sobre el punto de descarga, como características específicas o notas relevantes sobre la gestión del agua residual.
- Altura: Altura con respecto al nivel del mar, obtenida de imágenes satelitales DEM.

##### **5.2. PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Esta capa de datos gestiona la información sobre la generación de desechos sólidos. Los campos en esta capa incluyen:

- ID: Un identificador único para cada punto de generación de desechos, asegurando que cada entrada sea individualmente rastreable.
- Coordenadas (Latitud, Longitud): Coordenadas geográficas del punto de generación, para su ubicación precisa en el mapa.
- Tipo de Desecho: Tipo de desechos generados.
- Fuente: Identificación de la fuente de los desechos, que puede ser industrial, doméstica o comercial, proporcionando contexto sobre el origen de los residuos.
- Descripción: Información adicional sobre el punto de generación, que puede incluir detalles sobre la cantidad de desechos, frecuencia de generación, y otros aspectos relevantes.
- Altura: Altura con respecto al nivel del mar, obtenida de imágenes satelitales DEM.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Relevamiento\_fotografico\_V2 — Features Total: 52, Filtered: 52, Selected: 0

	Id	Coord.X	Coord.Y	Descrip	Altura	Tipo_Desec	Nombrec	Cuencahidr	Municipio	Departamen	Subcuenc
1	56	-87.45225...	14.1103...	Basural	1938	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
2	43	-87.42610...	14.1048...	Quema	1852	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
3	44	-87.40491...	14.0930...	Quema	1720	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
4	40	-87.40170...	14.0976...	Basural	1691	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
5	29	-87.43711...	14.0717...	Basural	1684	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
6	7	-87.44763...	14.0669...	Basural	1678	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
7	41	-87.38042...	14.0727...	Basural	1648	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
8	10	-87.44561...	14.0619...	Quema	1627	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
9	22	-87.38854...	14.0553...	Quema	1619	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
10	48	-87.35938...	13.9523...	Basural	1619	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
11	25	-87.37578...	14.0563...	Quema	1586	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
12	26	-87.38388...	14.1394...	Basural	1579	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
13	33	-87.36554...	14.0617...	Basural	1577	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
14	21	-87.36508...	14.0622...	Basural	1562	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
15	6	-87.36413...	14.0609...	Basural	1536	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
16	30	-87.38975...	14.1031...	Basural	1516	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
17	36	-87.36056...	14.0617...	Basural	1508	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
18	25	-87.36275...	14.0885...	Basural	1500	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
19	34	-87.36274...	14.0885...	Basural	1500	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
20	47	-87.39234...	13.9974...	Basural	1497	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
21	20	-87.31215...	14.1441...	Basural	1486	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
22	42	-87.37461...	14.1226...	Basural	1481	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
23	28	-87.35802...	14.0851...	Basural	1477	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
24	50	-87.37224...	13.9855...	Quema	1403	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...

Mostrar todos los objetos especiales

**Figura 1. Atributos de la capa de relevamientos fotográficos. Elaboración propia**

En la **Figura 1** podemos observar a modo de ejemplo la tabla de atributos de una de las capas generadas que nos muestra el relevamiento de los basurales y los puntos de quema de basura.

**5.3. CAPAS VECTORIALES**

Además de las capas de puntos de descarga y generación de desechos, se incluyen otras capas vectoriales que proporcionan un contexto más amplio:

- **Uso del Suelo:** Esta capa clasifica el uso del suelo en distintas categorías como agrícola, residencial, comercial y forestal. Estos datos permiten analizar cómo el uso del suelo puede influir en la distribución y el impacto de la contaminación.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

- Hidrografía: Incluye la red hidrográfica de la cuenca, con atributos de calidad del agua si están disponibles. Esta capa es esencial para comprender cómo los cuerpos de agua están conectados y cómo pueden verse afectados por las descargas de aguas residuales.
- Redes Viales: Representa la estructura vial que puede influir en la dispersión de contaminantes. La red vial es crucial para analizar la accesibilidad a los puntos de gestión de desechos y cómo las carreteras y caminos pueden facilitar o limitar el transporte y la dispersión de contaminantes.
- Esta estructura de base de datos proporciona una base sólida para la gestión y análisis de datos geoespaciales relacionados con la contaminación y los desechos



**Figura 2. Superposición de capas. Elaboración propia**

En la **Figura 2** podemos observar a modo de ejemplo la superposición de capas para su posterior análisis.

## **6. DESARROLLO DEL SISTEMA EN QGIS**

### **6.1. CONFIGURACIÓN INICIAL**

El desarrollo del sistema en QGIS comienza con la configuración inicial del proyecto. El primer paso es crear un nuevo proyecto en QGIS y ajustar el sistema de coordenadas a WGS 84 con proyección Latitud-Longitud, que es un sistema de referencia geodésico globalmente utilizado para asegurar la precisión en la ubicación geográfica de los datos. A continuación, se procede a importar los datos geoespaciales, que incluyen los puntos de contaminación y las capas base relevantes. Los puntos de contaminación, que detallan las ubicaciones y características

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

de las fuentes, se integran al proyecto junto con las capas base necesarias para el análisis. Además, se integran fotos georreferenciadas vinculadas a los puntos de contaminación correspondientes. Estas fotos permiten una visualización detallada de cada punto de contaminación, mejorando la comprensión y el análisis espacial de la información.

### **6.2. EDICIÓN DE ATRIBUTOS Y SIMBOLOGÍA**

Una vez importados los datos, se realiza la edición de atributos y simbología. Se personaliza la tabla de atributos de los puntos de contaminación para incluir campos específicos como ID, tipo de contaminante, descripciones, etc. Se aplica simbología específica a los puntos de contaminación, la cual permite diferenciar fácilmente entre distintos tipos de contaminantes mediante el uso de colores y formas distintas, lo que facilita la identificación visual de las fuentes en el mapa.

### **6.3. INTEGRACIÓN DE CAPAS ADICIONALES**

En la fase de Integración de capas adicionales, se importan y superponen capas adicionales sobre el mapa base. Estas capas incluyen el uso del suelo, la hidrografía, las redes viales, entre otras. La capa de uso del suelo proporciona información sobre las distintas categorías de uso del terreno, como áreas agrícolas, residenciales y comerciales, que es crucial para comprender el contexto de los puntos de contaminación. La capa de hidrografía muestra la red de cuerpos de agua, lo que permite analizar la influencia potencial de las descargas de contaminantes en los recursos hídricos. La capa de redes viales representa las infraestructuras de transporte que pueden influir en la dispersión de contaminantes. Finalmente, se realiza una validación visual para asegurar la coherencia espacial entre las diferentes capas, garantizando que todos los elementos del mapa se alineen correctamente y que la representación espacial sea precisa y útil para el análisis y la toma de decisiones.

## **7. ANÁLISIS ESPACIAL**

### **7.1. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD**

En el análisis de proximidad, se realiza una evaluación de la proximidad de los puntos de descarga a cuerpos de agua o áreas residenciales. Este análisis es fundamental para comprender el riesgo de que los contaminantes lleguen a fuentes de agua potable o afecten comunidades cercanas.

### **7.2. SUPERPOSICIÓN DE CAPAS**

En el análisis de superposición de capas, se combinan las capas de uso del suelo y redes viales con los puntos de contaminación. Esta superposición permite evaluar posibles rutas de dispersión de contaminantes a través de la infraestructura vial y analizar cómo el uso del suelo.

## **8. GENERACIÓN DE INFORMES Y MAPAS TEMÁTICOS**

### **8.1. ARCHIVOS SHAPEFILE**

La exportación a formato shapefile tiene como objetivo principal crear un archivo geoespacial que contenga la localización precisa y las características de los puntos de contaminación identificados en las subcuencas de Guacerique y San José. Estos shapefiles permitió a los analistas visualizar, editar y analizar la distribución espacial de las descargas de aguas residuales y la generación de desechos sólidos.

#### **8.1.1. Preparación de los Datos para la Exportación**

Antes de la exportación, es necesario asegurarse de que todos los datos recolectados estén correctamente organizados y listos para ser transformados en un shapefile:

- **Revisión de Atributos:** Verificar que cada punto de contaminación tenga asociados todos los atributos necesarios (tipo de contaminante, fuente, etc.).
- **Verificación de Coordenadas:** Asegurar que las coordenadas geográficas estén proyectadas en el sistema WGS 84, manteniendo la coherencia con otros datos geoespaciales del proyecto.

#### **8.1.2. Proceso de Exportación**

- **Selección de la Capa:** La capa que contiene los puntos de contaminación se selecciona como la capa activa para su exportación.
- **Definición del Formato:** Se elige el formato shapefile (.shp), que es un estándar ampliamente utilizado en SIG y compatible con múltiples plataformas y herramientas de análisis.
- **Configuración de Atributos:** Asegurar que todos los atributos relevantes estén incluidos en el shapefile exportado. Esto incluye ID del punto, tipo de contaminante, descripción de la fuente, y cualquier otra información contextual relevante.
- **Nombre:** Se asigna un nombre descriptivo al archivo shapefile (por ejemplo, Disosicion\_Instalaciones\_militares.shp) y se selecciona una ubicación adecuada para su almacenamiento y acceso.

#### **8.1.3. Verificación y Validación del Shapefile**

Una vez que se completa la exportación, se debe realizar una verificación exhaustiva para asegurar que:

- **Integridad de Datos:** Todos los puntos de contaminación y sus atributos se han exportado correctamente sin pérdida de información.
- **Compatibilidad y Visualización:** El shapefile es compatible y se puede visualizar correctamente en diferentes plataformas SIG. Esto incluye la verificación de la proyección y la correcta representación espacial de los puntos.

## R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

### 8.2. MAPAS TEMÁTICOS

- Creación: Estos mapas se desarrollan en función del tipo de contaminante y su ubicación. Al crear estos mapas, se utilizan diferentes simbologías para representar el nivel de severidad de la contaminación, facilitando la identificación rápida de áreas más afectadas.
- Personalización: La personalización de mapas permite a los usuarios adaptar los mapas a sus necesidades específicas. Esto incluye la selección de capas relevantes, el ajuste de la simbología para reflejar mejor la información presentada y la adición de etiquetas para proporcionar contexto adicional.
- Exportación: Los mapas temáticos son exportados en formatos como PDF, lo que permite su inclusión en informes. Además, cada mapa exportado incluye elementos esenciales como leyendas, escalas y notas explicativas.

#### 8.2.1. Mapas Representativos de la Definición de Problemas

Para la definición de los problemas que afectan a las subcuencas, se han generado mapas que representan el inventario de descargas de aguas residuales y generación de desechos sólidos a nivel de cuenca.

##### 8.2.1.1. Mapa "Inventario de Descargas de Aguas Residuales en Subcuencas"

Este mapa C553-GU2-MP-AB-DC-500 presenta una visualización detallada de las principales fuentes de contaminación de aguas residuales en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande. A continuación, se describen los elementos principales representados en el mapa:

##### Vertidos Domésticos

- Descripción: Este componente del mapa muestra la cantidad de viviendas que utilizan letrinas como sistema de disposición de aguas residuales, desglosado por caserío. Los datos se basan en el censo de 2001.
- Representación Cartográfica: Las áreas residenciales se visualizan mediante símbolos o patrones que indican la densidad de viviendas con letrinas en cada caserío. Las zonas con una mayor concentración de letrinas pueden estar resaltadas con colores más intensos y con símbolos de mayor tamaño para facilitar la identificación de áreas con mayor riesgo de contaminación.

##### Vertidos Industriales

- Descripción: Se identifican los puntos donde se generan aguas residuales industriales, provenientes de diversas industrias ubicadas en las subcuencas. Estos vertidos suelen contener contaminantes que pueden afectar la calidad del agua de manera significativa.
- Representación Cartográfica: Las industrias están marcadas con símbolos específicos.

##### Vertidos PTAR (en Unidades Militares)

- Descripción: Este elemento del mapa se centra en las unidades militares, donde se han identificado vertidos de aguas residuales tratadas o sin tratar. La información proviene de visitas técnicas realizadas específicamente para este inventario.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

- Representación Cartográfica: Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en unidades militares están señaladas. Se indican los puntos específicos de descarga, permitiendo visualizar el alcance y la posible dispersión de los vertidos en el entorno.

##### **Ríos y Cuerpos de Agua**

- Descripción: El mapa incluye la representación de los ríos principales y secundarios que recorren las subcuencas de Guacerique y San José. Estos cuerpos de agua son cruciales para entender cómo las descargas de aguas residuales afectan la calidad del agua a lo largo de la cuenca.
- Representación Cartográfica: Los ríos se muestran como líneas azules sinuosas. Se destacan los cursos de agua principales y sus afluentes, permitiendo identificar cómo las descargas de aguas residuales interactúan con la red hidrográfica y potencialmente se dispersan río abajo.

##### **8.2.1.2. Mapa “Inventario de Puntos de Generación de Desechos Sólidos en Subcuencas”**

Este mapa C553-GU2-MP-AB-DC-501 proporciona una visión integral de las principales fuentes de generación y disposición de desechos sólidos en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande. Este mapa es una herramienta fundamental para identificar y analizar los puntos críticos donde se generan y acumulan desechos sólidos. A continuación, se detallan los elementos principales representados en el mapa:

##### **Disposición de Residuos Sólidos en Unidades Militares**

- Descripción: Este componente del mapa identifica las áreas dentro de las unidades militares donde se dispone de desechos sólidos. La información proviene de visitas técnicas realizadas por esta consultoría, enfocándose en cómo estas unidades manejan y almacenan los residuos generados.
  - Representación Cartográfica: Las unidades militares con disposición de residuos sólidos están marcadas con símbolos específicos, como íconos de residuos sólidos, quema de residuos, residuos hospitalarios y disposición de

##### **Basurales en Centros Urbanos**

- Descripción: Ubicaciones de basurales en los centros urbanos de las subcuencas. Estos puntos incluyen tanto basurales formales como informales y sitios de quema, identificados a través del relevamiento fotográfico georreferenciado realizado por esta consultoría.
- Representación Cartográfica: Los basurales se representan con símbolos distintivos, como íconos de basura o sitios de quema.

##### **Ríos y Cuerpos de Agua**

- Descripción: Similar al otro mapa, este también incluye la representación de ríos y cuerpos de agua en las subcuencas, lo que permite evaluar cómo los puntos de generación de desechos sólidos podrían afectar la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

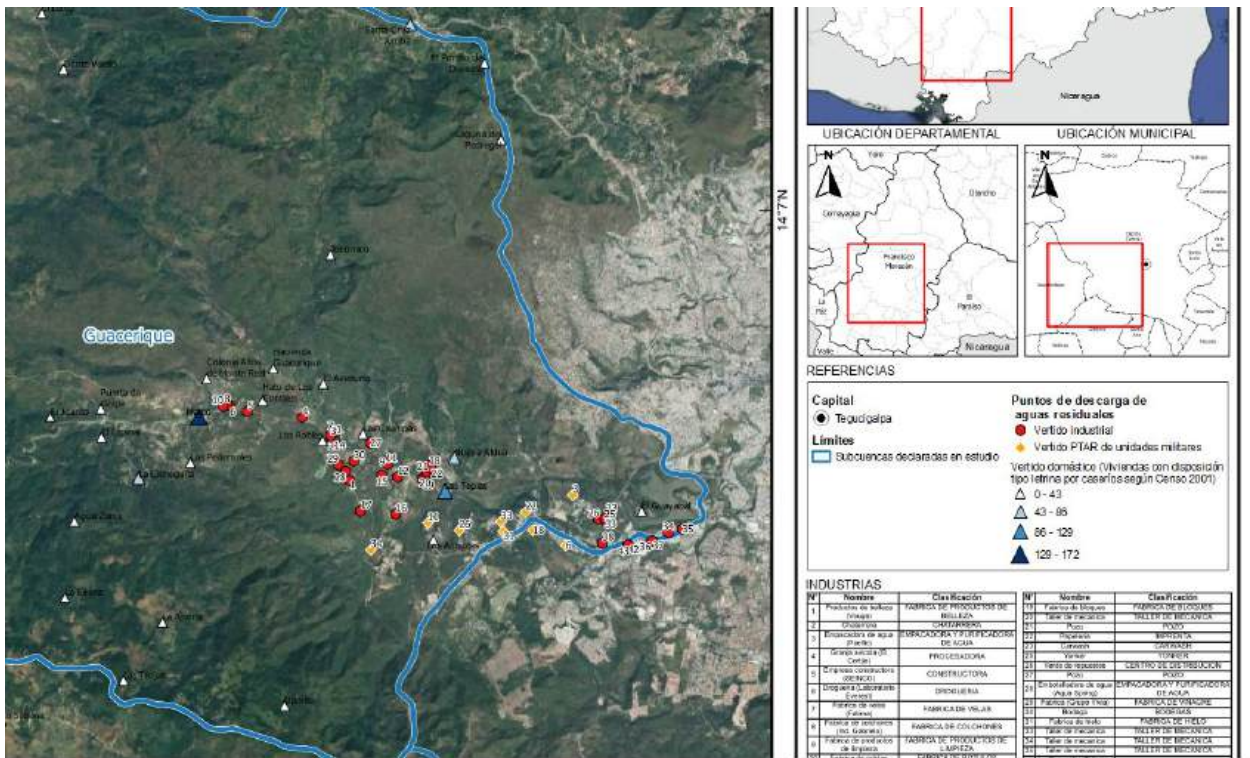
- Representación Cartográfica: Los ríos se muestran como líneas azules sinuosas. Se destaca la proximidad de los puntos de generación de desechos sólidos a los cuerpos de agua, lo que facilita la identificación de posibles impactos.

**8.2.2. Contextualización y Uso de los Mapas**

Estos mapas son fundamentales para evaluar el impacto de las diferentes fuentes de contaminación en las subcuencas de Guacerique y San José. Al superponer la información, los mapas permiten identificar las áreas más afectadas, priorizar intervenciones, y desarrollar estrategias de mitigación para mejorar la calidad del agua en estas cuencas críticas.

Además, el mapa puede ser utilizado para comunicar de manera efectiva los resultados del inventario a las comunidades locales y a las partes interesadas.

Como resultado del manejo de estos datos geospaciales de puntos de contaminación a nivel de subcuencas se presenta una imagen a modo de ejemplo en las **Figura 3** y **Figura 4**.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

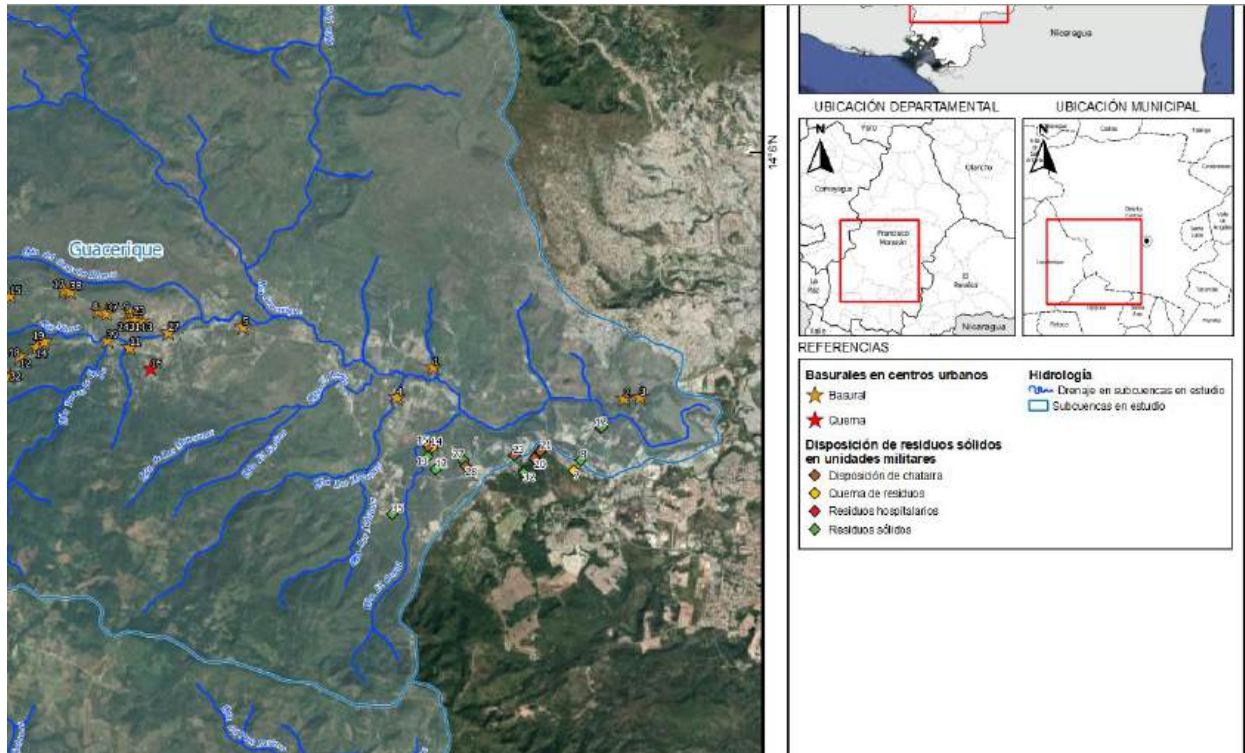


Figura 4. Puntos de desechos sólidos. Elaboración propia

**8.3. GENERACIÓN DE INFORMES**

Los datos se pueden exportar en formatos compatibles como CSV o Excel. Esta capacidad de exportación asegura que la información geoespacial pueda ser utilizada de manera efectiva por diferentes usuarios.



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE  
GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DE LOS  
SITIOS DETECTADOS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS  
RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**C553-GU2-MD-CA-DC-502**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS-V2**

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/2024 REV 2
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	Tomando el inventario de descargas de aguas residuales y generación de desechos sólidos de las subcuencas, relevados en los trabajos de campo de esta consultoría e integrados en una base de datos. Se diseña y configura el sistema de información geográfica con la localización y características principales de cada elemento, agrupándose por comunidad delimitada por el límite político de aldea, con el fin último de elaborar mapas temáticos y archivos de formato shapefile.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ALCANCE</b> .....	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS</b> .....	<b>6</b>
<b>5. ESTRUCTURA BASE DE DATOS</b> .....	<b>7</b>
5.1. PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES .....	8
5.2. PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS .....	8
5.3. CAPAS VECTORIALES .....	9
<b>6. DESARROLLO DEL SISTEMA EN QGIS</b> .....	<b>10</b>
6.1. CONFIGURACIÓN INICIAL .....	10
6.2. EDICIÓN DE ATRIBUTOS Y SIMBOLOGÍA .....	11
6.3. INTEGRACIÓN DE CAPAS ADICIONALES .....	11
<b>7. ANÁLISIS ESPACIAL</b> .....	<b>11</b>
7.1. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD .....	11
7.2. SUPERPOSICIÓN DE CAPAS .....	11
<b>8. GENERACIÓN DE INFORMES Y MAPAS TEMÁTICOS</b> .....	<b>12</b>
8.1. ARCHIVOS SHAPEFILE .....	12
8.1.1. Preparación de los Datos para la Exportación .....	12
8.1.2. Proceso de Exportación .....	12
8.1.3. Verificación y Validación del Shapefile .....	12
8.2. MAPAS TEMÁTICOS .....	13
8.2.1. Mapas Representativos de la Definición de Problemas .....	13
8.2.2. Contextualización y Uso de los Mapas .....	15
8.3. GENERACIÓN DE INFORMES .....	17

## TABLAS

Tabla 1. Ubicación de vertimientos por unidades militares .....	7
---	---

## FIGURAS

Figura 1. Atributos de la capa de relevamientos fotográficos. Elaboración propia .....	9
Figura 2. Superposición de capas. Elaboración propia .....	10
Figura 3. Puntos de descarga de aguas residuales por aldea. Elaboración propia .....	16
Figura 4. Puntos de desechos sólidos por aldea. Elaboración propia .....	16



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

---

**MAPAS**

---

C553-GU2-MP-AB-DC-502	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR ALDEAS
C553-GU2-MP-AB-DC-503	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS POR ALDEAS



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”.

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En el desarrollo del proyecto se ejecuta la presente consultoría, que tiene como objeto evaluar a las subcuencas del río Guacerique y San José Río Grande a nivel de los distintos tipos de contaminación (por agentes químicos, biológicos y físicos), debido a que estas subcuencas drenan en los embalses principales que abastecen de agua a las plantas para su posterior tratamiento y distribución al Distrito Central.

Para la identificación de agentes contaminantes a nivel espacial, como primera medida de la investigación se procedió a la recuperación de los datos y la información existente relacionada con puntos de contaminación empleando los instrumentos de encuesta no estructurada. Luego se realizó la selección y organización de los datos recolectados, para seguidamente verificarlos y analizarlos, obteniéndose como resultado, el detalle de la distribución de la contaminación de distintas fuentes. Con toda esta información se dispuso a definir el diseño del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) del inventario de descargas residuales y generación de desechos sólidos. Para este sistema se utilizó el software Qgis 3.16 y sus complementos.

En la etapa de diseño conceptual del Sistema de Información Georreferenciado (SIG) se identificaron los objetivos y se definieron las funcionalidades del sistema. En la fase de diseño lógico se definieron las herramientas de computación a usar y las estructuras de las bases de datos para los puntos de contaminación. Finalmente, el diseño físico abarcó la carga de la base de datos, posteriormente se define una interfaz siendo el producto de esta, en mapas y en tablas, con la información relativa al componente consultado a nivel de aldeas. En la misma interfaz se permite además de la consulta, el mantenimiento de la base de datos, al poder eliminar o agregar registros, o hacer modificaciones a los datos de los mismos. El SIG propuesto aspira ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la gestión de preservación de la calidad del agua y gestión de obras que permitan la conservación de la misma.

## **2. ALCANCE**

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **“CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA**

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

**CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE” DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”, Componente 2, Subcomponente 2.3: “Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática”, específicamente lo relativo al “Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande”; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

### **3. OBJETIVO**

El presente documento contiene el desarrollo de la **Actividad R1.04. Definición de problemas**, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo a un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta la información geográfica sistematizada a nivel de aldeas, que permita la identificación, análisis, y gestión de puntos de descarga de aguas residuales y generación de desechos sólidos en las cuencas Guacerique y San José de río Grande.

### **4. RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS**

En la fase de importación y preprocesamiento, se recolectaron datos provenientes de diversas fuentes, como dispositivos GPS, teléfonos inteligentes, Shapefiles bases, etc. Estos se integraron en un formato unificado utilizando herramientas avanzadas de QGIS. Estos datos fueron recolectados durante visitas técnicas meticulosamente planificadas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de contaminación presentes en las subcuencas, como residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales. Además, se consideró la ubicación estratégica de las industrias y las unidades militares, lo que permitió identificar y georreferenciar las zonas donde se concentran vertientes contaminantes. Durante el proceso de integración, las coordenadas geográficas se ajustaron al sistema de referencia WGS 84, y se convirtieron todos los datos geoespaciales a formatos compatibles, como Shapefile y GeoTIFF, para asegurar su correcto manejo y análisis en el sistema SIG.

Posteriormente, se realizó la estandarización de datos para mantener la coherencia en la base de datos geoespacial. Este paso es esencial para asegurar que los datos fueran fácilmente interpretables y utilizables por los distintos usuarios del sistema. Además, se llevó a cabo una verificación para identificar y corregir posibles duplicados o errores de georreferenciación, garantizando así que la información sobre los puntos de contaminación y su distribución espacial en las subcuencas fuera precisa y confiable.

En la siguiente tabla podemos visualizar la estandarización de los datos a modo de ejemplo.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**
**Tabla 1. Ejemplo: Ubicación de vertimientos por unidades militares**

Ubicación	Contaminante	Latitud	Longitud
Escuela Técnica del Ejercito	Aceites y grasas	-87.2586	14.06302
Cuartel General del Ejercito	Aceites y grasas	-87.26164	14.06045
Industria Militar	Aceites y grasas	-87.28209	14.05989
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Aceites y grasas	-87.26689	14.06165
Primer batallón de infantería	Aceites y grasas	-87.27661	14.05797
Policía Militar	Aceites y grasas	-87.27685	14.0498
Escuela Técnica del Ejercito	Aguas residuales	-87.25913	14.06529
Cuartel General del Ejercito	Aguas residuales	-87.26022	14.05749
Industria Militar	Aguas residuales	-87.28154	14.06097
Hospital Militar	Aguas residuales	-87.2653	14.05982
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Aguas residuales	-87.26645	14.06262
Primer batallón de infantería	Aguas residuales	-87.27668	14.05983
Universidad de Defensa, Escuela de Comando y Colegio de defensa Nacional	Aguas residuales	-87.26988	14.05964
Comando de Apoyo al Manejo de Ecosistemas y Ambiente	Aguas residuales	-87.27022	14.06114
Academia Militar	Aguas residuales	-87.29034	14.05683
Escuela Técnica del Ejercito	Combustible	-87.25773	14.06285
Cuartel General del Ejercito	Combustible	-87.26134	14.06014
Industria Militar	Combustible	-87.28197	14.0601
Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Combustible	-87.267	14.06175
Primer batallón de infantería	Combustible	-87.27679	14.05911
Policía Militar	Combustible	-87.27628	14.04975

## 5. ESTRUCTURA BASE DE DATOS

La estructura de la base de datos para un Sistema de Información Geográfica (GIS) diseñado para gestionar información sobre contaminación y desechos se organiza en diversas capas y tablas, cada una con campos específicos para capturar y almacenar datos relevantes. Para esto se procedió a seleccionar el software que se adaptase mejor al SIG propuesto, tomando en cuenta, no solamente los beneficios que los mismos aportan, sino al mismo tiempo, aprovechar los recursos existentes, se determinó QGIS para la selección de información espacial en las capas del mapa y Google Maps para la visualización.

La información contenida en la base de datos, fue creada inicialmente en tablas de Microsoft Excel, por su versatilidad y facilidad de uso, formato que posteriormente se transformó en CSV para poder importarlos y luego definir los detalles de la estructura de datos tales como: tipo de campo, dominios y la nomenclatura apropiada de una base de datos funcional.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Para el manejo de la información geoespacial, se implementó la herramienta QuantumGis, utilizando la misma para hacer la integración de los diversos estudios previos, compuestos por capas uso del suelo, curvas de nivel, vialidad, hidrología, etc. que facilitaron la georreferenciación del plano.

##### **5.1. PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES**

Esta capa de datos se centra en los puntos donde se descargan aguas residuales. Cada entrada en esta capa está definida por los siguientes campos:

- **ID:** Un identificador único para cada punto de descarga, que facilita la referencia y gestión de los datos.
- **Coordenadas (Latitud, Longitud):** Las coordenadas geográficas precisas del punto de descarga, necesarias para su ubicación en el espacio.
- **Tipo de Descarga:** Tipo de aguas residuales descargadas.
- **Fuente de Contaminación:** Información sobre la fuente del contaminante, categorizada como industrial, residencial o militar, para entender la procedencia de la contaminación.
- **Descripción:** Un campo para proporcionar detalles adicionales sobre el punto de descarga, como características específicas o notas relevantes sobre la gestión del agua residual.

##### **5.2. PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Esta capa de datos gestiona la información sobre la generación de desechos sólidos. Los campos en esta capa incluyen:

- **ID:** Un identificador único para cada punto de generación de desechos, asegurando que cada entrada sea individualmente rastreable.
- **Coordenadas (Latitud, Longitud):** Coordenadas geográficas del punto de generación, para su ubicación precisa en el mapa.
- **Tipo de Desecho:** Tipo de desechos generados.
- **Fuente:** Identificación de la fuente de los desechos, que puede ser industrial, doméstica o comercial, proporcionando contexto sobre el origen de los residuos.
- **Descripción:** Información adicional sobre el punto de generación, que puede incluir detalles sobre la cantidad de desechos, frecuencia de generación, y otros aspectos relevantes.
- **Altura:** Altura con respecto al nivel del mar, obtenida de imágenes satelitales DEM.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Relevamiento\_fotografico\_V2 — Features Total: 52, Filtered: 52, Selected: 0

Id	Coor. X	Coor. Y	Descrip	Altura	Tipo_Desec	Nombrec	Cuencahidr	Municipio	Departamen	Subcuenc	
1	56	-87.45225...	14.1103...	Basural	1938	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
2	43	-87.42610...	14.1048...	Quema	1852	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
3	44	-87.40491...	14.0930...	Quema	1720	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
4	40	-87.40170...	14.0976...	Basural	1691	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
5	29	-87.43711...	14.0717...	Basural	1684	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
6	7	-87.44763...	14.0669...	Basural	1678	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
7	41	-87.38042...	14.0727...	Basural	1648	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
8	10	-87.44561...	14.0619...	Quema	1627	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
9	22	-87.38854...	14.0553...	Quema	1619	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
10	48	-87.35938...	13.9523...	Basural	1619	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
11	25	-87.37578...	14.0563...	Quema	1586	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
12	26	-87.38388...	14.1394...	Basural	1579	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
13	33	-87.36554...	14.0617...	Basural	1577	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
14	21	-87.36506...	14.0622...	Basural	1562	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
15	6	-87.36413...	14.0609...	Basural	1536	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
16	30	-87.38975...	14.1031...	Basural	1516	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
17	36	-87.36056...	14.0617...	Basural	1508	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
18	25	-87.36275...	14.0885...	Basural	1500	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
19	34	-87.36274...	14.0885...	Basural	1500	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
20	47	-87.39234...	13.9974...	Basural	1497	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...
21	20	-87.31215...	14.1441...	Basural	1486	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
22	42	-87.37461...	14.1226...	Basural	1481	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
23	28	-87.35802...	14.0851...	Basural	1477	Domésticos	Subcuenca Río Guacerique	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	Guacerique
24	50	-87.37224...	13.9855...	Quema	1403	Domésticos	Subcuenca San José Río Grande	Cholulteca	Distrito Central	Francisco Mora...	San José de Río...

Mostrar todos los objetos especiales...

**Figura 1. Atributos de la capa de relevamientos fotográficos. Elaboración propia**

En la **Figura 1** podemos observar a modo de ejemplo la tabla de atributos de una de las capas generadas que nos muestra el relevamiento de los basurales y los puntos de quema de basura.

### 5.3. CAPAS VECTORIALES

Además de las capas de puntos de descarga y generación de desechos, se incluyen otras capas vectoriales que proporcionan un contexto más amplio:

- **Uso del Suelo:** Esta capa clasifica el uso del suelo en distintas categorías como agrícola, residencial, comercial y forestal. Estos datos permiten analizar cómo el uso del suelo puede influir en la distribución y el impacto de la contaminación.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

- Hidrografía: Incluye la red hidrográfica de la cuenca, con atributos de calidad del agua si están disponibles. Esta capa es esencial para comprender cómo los cuerpos de agua están conectados y cómo pueden verse afectados por las descargas de aguas residuales.
- Redes Viales: Representa la estructura vial que puede influir en la dispersión de contaminantes. La red vial es crucial para analizar la accesibilidad a los puntos de gestión de desechos y cómo las carreteras y caminos pueden facilitar o limitar el transporte y la dispersión de contaminantes.
- Esta estructura de base de datos proporciona una base sólida para la gestión y análisis de datos geoespaciales relacionados con la contaminación y los desechos



**Figura 2. Superposición de capas. Elaboración propia**

En la **Figura 2** podemos observar a modo de ejemplo la superposición de capas para su posterior análisis.

## **6. DESARROLLO DEL SISTEMA EN QGIS**

### **6.1. CONFIGURACIÓN INICIAL**

El desarrollo del sistema en QGIS comienza con la configuración inicial del proyecto. El primer paso es crear un nuevo proyecto en QGIS y ajustar el sistema de coordenadas a WGS 84 con proyección Latitud-Longitud, que es un sistema de referencia geodésico globalmente utilizado para asegurar la precisión en la ubicación geográfica de los datos. A continuación, se procede a importar los datos geoespaciales, que incluyen los puntos de contaminación y las capas base relevantes. Los puntos de contaminación, que detallan las ubicaciones y características



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

de las fuentes, se integran al proyecto junto con las capas base necesarias para el análisis. Además, se integran fotos georreferenciadas vinculadas a los puntos de contaminación correspondientes. Estas fotos permiten una visualización detallada de cada punto de contaminación, mejorando la comprensión y el análisis espacial de la información.

## **6.2. EDICIÓN DE ATRIBUTOS Y SIMBOLOGÍA**

Una vez importados los datos, se realiza la edición de atributos y simbología. Se personaliza la tabla de atributos de los puntos de contaminación para incluir campos específicos como ID, tipo de contaminante, descripciones, etc. Se aplica simbología específica a los puntos de contaminación, la cual permite diferenciar fácilmente entre distintos tipos de contaminantes mediante el uso de colores y formas distintas, lo que facilita la identificación visual de las fuentes en el mapa.

## **6.3. INTEGRACIÓN DE CAPAS ADICIONALES**

En la fase de Integración de capas adicionales, se importan y superponen capas adicionales sobre el mapa base. Estas capas incluyen el uso del suelo, la hidrografía, las redes viales, entre otras. La capa de uso del suelo proporciona información sobre las distintas categorías de uso del terreno, como áreas agrícolas, residenciales y comerciales, que es crucial para comprender el contexto de los puntos de contaminación. La capa de hidrografía muestra la red de cuerpos de agua, lo que permite analizar la influencia potencial de las descargas de contaminantes en los recursos hídricos. La capa de redes viales representa las infraestructuras de transporte que pueden influir en la dispersión de contaminantes. Finalmente, se realiza una validación visual para asegurar la coherencia espacial entre las diferentes capas, garantizando que todos los elementos del mapa se alineen correctamente y que la representación espacial sea precisa y útil para el análisis y la toma de decisiones.

## **7. ANÁLISIS ESPACIAL**

### **7.1. ANÁLISIS DE PROXIMIDAD**

En el análisis de proximidad, se realiza una evaluación de la proximidad de los puntos de descarga a cuerpos de agua o áreas residenciales. Este análisis es fundamental para comprender el riesgo de que los contaminantes lleguen a fuentes de agua potable o afecten comunidades cercanas.

### **7.2. SUPERPOSICIÓN DE CAPAS**

En el análisis de superposición de capas, se combinan las capas de uso del suelo y redes viales con los puntos de contaminación. Esta superposición permite evaluar posibles rutas de dispersión de contaminantes a través de la infraestructura vial y analizar cómo el uso del suelo.

## 8. GENERACIÓN DE INFORMES Y MAPAS TEMÁTICOS

### 8.1. ARCHIVOS SHAPEFILE

La exportación a formato shapefile tiene como objetivo principal crear un archivo geoespacial que contenga la localización precisa y las características de los puntos de contaminación identificados en las subcuencas de Guacerique y San José. Estos shapefiles permitió a los analistas visualizar, editar y analizar la distribución espacial de las descargas de aguas residuales y la generación de desechos sólidos.

#### 8.1.1. Preparación de los Datos para la Exportación

Antes de la exportación, es necesario asegurarse de que todos los datos recolectados estén correctamente organizados y listos para ser transformados en un shapefile:

- Revisión de Atributos: Verificar que cada punto de contaminación tenga asociados todos los atributos necesarios (tipo de contaminante, fuente, etc.).
- Verificación de Coordenadas: Asegurar que las coordenadas geográficas estén proyectadas en el sistema WGS 84, manteniendo la coherencia con otros datos geoespaciales del proyecto.

#### 8.1.2. Proceso de Exportación

- Selección de la Capa: La capa que contiene los puntos de contaminación se selecciona como la capa activa para su exportación.
- Definición del Formato: Se elige el formato shapefile (.shp), que es un estándar ampliamente utilizado en SIG y compatible con múltiples plataformas y herramientas de análisis.
- Configuración de Atributos: Asegurar que todos los atributos relevantes estén incluidos en el shapefile exportado. Esto incluye ID del punto, tipo de contaminante, descripción de la fuente, y cualquier otra información contextual relevante.
- Nombre: Se asigna un nombre descriptivo al archivo shapefile (por ejemplo, Disosicion\_Instalaciones\_militares.shp) y se selecciona una ubicación adecuada para su almacenamiento y acceso.

#### 8.1.3. Verificación y Validación del Shapefile

Una vez que se completa la exportación, se debe realizar una verificación exhaustiva para asegurar que:

- Integridad de Datos: Todos los puntos de contaminación y sus atributos se han exportado correctamente sin pérdida de información.
- Compatibilidad y Visualización: El shapefile es compatible y se puede visualizar correctamente en diferentes plataformas SIG. Esto incluye la verificación de la proyección y la correcta representación espacial de los puntos.

## **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

### **8.2. MAPAS TEMÁTICOS**

- **Creación:** Estos mapas se desarrollan en función del tipo de contaminante y su ubicación. Al crear estos mapas, se utilizan diferentes simbologías para representar el nivel de severidad de la contaminación, facilitando la identificación rápida de áreas más afectadas.
- **Personalización:** La personalización de mapas permite a los usuarios adaptar los mapas a sus necesidades específicas. Esto incluye la selección de capas relevantes, el ajuste de la simbología para reflejar mejor la información presentada y la adición de etiquetas para proporcionar contexto adicional.
- **Exportación:** Los mapas temáticos son exportados en formatos como PDF, lo que permite su inclusión en informes. Además, cada mapa exportado incluye elementos esenciales como leyendas, escalas y notas explicativas.

#### **8.2.1. Mapas Representativos de la Definición de Problemas**

Para la definición de los problemas que afectan a las subcuencas, se han generado mapas que representan el inventario de descargas de aguas residuales y generación de desechos sólidos a nivel de cuenca.

##### **8.2.1.1. Mapa "Inventario de Descargas de Aguas Residuales por aldeas"**

Este mapa C553-GU2-MP-AB-DC-502 presenta una visualización detallada de las principales fuentes de contaminación de aguas residuales en las distintas aldeas ubicadas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande. A continuación, se describen los elementos principales representados en el mapa:

##### **Vertidos Domésticos**

- **Descripción:** Este componente del mapa muestra la cantidad de viviendas que utilizan letrinas como sistema de disposición de aguas residuales, desglosado por caserío. Los datos se basan en el censo de 2001.
- **Representación Cartográfica:** Las áreas residenciales se visualizan mediante símbolos o patrones que indican la densidad de viviendas con letrinas en cada caserío. Las zonas con una mayor concentración de letrinas pueden estar resaltadas con colores más intensos y con símbolos de mayor tamaño para facilitar la identificación de áreas con mayor riesgo de contaminación.

##### **Vertidos Industriales**

- **Descripción:** Se identifican los puntos donde se generan aguas residuales industriales, provenientes de diversas industrias ubicadas en las subcuencas. Estos vertidos suelen contener contaminantes que pueden afectar la calidad del agua de manera significativa.
- **Representación Cartográfica:** Las industrias están marcadas con símbolos específicos.

##### **Vertidos PTAR (en Unidades Militares)**

- **Descripción:** Este elemento del mapa se centra en las unidades militares, donde se han identificado vertidos de aguas residuales tratadas o sin tratar. La información proviene de visitas técnicas realizadas específicamente para este inventario.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

- Representación Cartográfica: Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en unidades militares están señaladas. Se indican los puntos específicos de descarga, permitiendo visualizar el alcance y la posible dispersión de los vertidos en el entorno.

##### **Ríos y Cuerpos de Agua**

- Descripción: El mapa incluye la representación de los ríos principales y secundarios que recorren las subcuencas de Guacerique y San José. Estos cuerpos de agua son cruciales para entender cómo las descargas de aguas residuales afectan la calidad del agua a lo largo de la cuenca.
- Representación Cartográfica: Los ríos se muestran como líneas azules sinuosas. Se destacan los cursos de agua principales y sus afluentes, permitiendo identificar cómo las descargas de aguas residuales interactúan con la red hidrográfica y potencialmente se dispersan río abajo.

##### **División por Comunidades (Aldeas)**

- Descripción: Una capa adicional en el mapa refleja la división política por comunidades (aldeas), proporcionando un marco de referencia para contextualizar la distribución de los puntos de generación de desechos sólidos dentro de estas divisiones territoriales. Esta capa es esencial para la planificación a nivel comunitario, facilitando la asignación de responsabilidades y recursos en la gestión de residuos.
- Representación Cartográfica: Las comunidades están delineadas con bordes visibles y etiquetadas con sus respectivos nombres. Se superpone esta capa sobre los puntos de generación de desechos sólidos, permitiendo una visualización clara de cómo cada comunidad se ve afectada por la generación de desechos.

##### **8.2.1.2. Mapa “Inventario de Puntos de Generación de Desechos Sólidos por aldeas”**

Este mapa C553-GU2-MP-AB-DC-503 proporciona una visión integral de las principales fuentes de generación y disposición de desechos sólidos en las distintas aldeas ubicadas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande. Este mapa es una herramienta fundamental para identificar y analizar los puntos críticos donde se generan y acumulan desechos sólidos. A continuación, se detallan los elementos principales representados en el mapa:

##### **Disposición de Residuos Sólidos en Unidades Militares**

- Descripción: Este componente del mapa identifica las áreas dentro de las unidades militares donde se dispone de desechos sólidos. La información proviene de visitas técnicas realizadas por esta consultoría, enfocándose en cómo estas unidades manejan y almacenan los residuos generados.
  - Representación Cartográfica: Las unidades militares con disposición de residuos sólidos están marcadas con símbolos específicos, como íconos de residuos sólidos, quema de residuos, residuos hospitalarios y disposición de

##### **Basurales en Centros Urbanos**

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

- Descripción: Ubicaciones de basurales en los centros urbanos de las subcuencas. Estos puntos incluyen tanto basurales formales como informales y sitios de quema, identificados a través del relevamiento fotográfico georreferenciado realizado por esta consultoría.
- Representación Cartográfica: Los basurales se representan con símbolos distintivos, como íconos de basura o sitios de quema.

##### **Ríos y Cuerpos de Agua**

- Descripción: Similar al otro mapa, este también incluye la representación de ríos y cuerpos de agua en las subcuencas, lo que permite evaluar cómo los puntos de generación de desechos sólidos podrían afectar la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.
- Representación Cartográfica: Los ríos se muestran como líneas azules sinuosas. Se destaca la proximidad de los puntos de generación de desechos sólidos a los cuerpos de agua, lo que facilita la identificación de posibles impactos.

##### **División por Comunidades (Aldeas)**

- Descripción: Similar al mapa anterior, donde se refleja la división política por comunidades (aldeas), proporcionando un marco de referencia para contextualizar la distribución de los puntos de generación de desechos sólidos dentro de estas divisiones territoriales.
- Representación Cartográfica: Las comunidades están delineadas con bordes visibles y etiquetadas con sus respectivos nombres

### **8.2.2. Contextualización y Uso de los Mapas**

Estos mapas son fundamentales para evaluar el impacto de las diferentes fuentes de contaminación en las subcuencas de Guacerique y San José. Al superponer la información de los mapas permiten identificar las áreas más afectadas, priorizar intervenciones, y desarrollar estrategias de mitigación para mejorar la calidad del agua en estas cuencas críticas.

Además, el mapa puede ser utilizado para comunicar de manera efectiva los resultados del inventario a las comunidades locales y a las partes interesadas.

Como resultado del manejo de estos datos geoespaciales de puntos de contaminación a nivel de subcuencas se presenta una imagen a modo de ejemplo en las **Figura 3** y **Figura 4**.





“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SISTEMATIZADA DEL INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES Y GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

### **8.3. GENERACIÓN DE INFORMES**

Los datos se pueden exportar en formatos compatibles como CSV o Excel. Esta capacidad de exportación asegura que la información geoespacial pueda ser utilizada de manera efectiva por diferentes usuarios.



ciudad de  
**buen  
corazón**



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE  
GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS  
IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

**C553-GU2-MD-CA-DC-503**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**





“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

**PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS V2**

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/2024 REV 02
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	SE IDENTIFICARON Y DESCRIBIERON LOS PRINCIPALES PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LAS SUBCUENCAS EN ESTUDIO.  SE ELABORARON DIAGRAMAS CAUSA EFECTO SOBRE LOS PROBLEMAS DETECTADOS



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS,  
CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ALCANCE</b> .....	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. PROBLEMAS IDENTIFICADOS</b> .....	<b>6</b>
<b>5. FUENTES CONTAMINANTES</b> .....	<b>6</b>
5.1. FUENTES CONTAMINANTES SUBCUENCA GUACERIQUE .....	9
5.1.1. <i>Sólidos</i> .....	9
5.1.2. <i>Efluentes y Descargas Líquidas</i> .....	9
5.2. FUENTES CONTAMINANTES SUBCUENCA SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE.....	10
5.2.1. <i>Sólidos</i> .....	10
5.2.2. <i>Efluentes y Descargas Líquidas</i> .....	10
<b>6. ESTADO Y DINÁMICA INTRÍNSECA DE LOS EMBALSES</b> .....	<b>12</b>
6.1. ESTADO DEL EMBALSE LOS LAURELES .....	12
6.2. ESTADO DEL EMBALSE CONCEPCIÓN.....	13
<b>7. ESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO</b> .....	<b>14</b>
7.1. SUBCUENCA GUACERIQUE.....	14
7.2. SUBCUENCA SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. ....	15
<b>8. GESTIÓN Y CONTROL DEL AGUA Y SANEAMIENTO EN LAS SUBCUENCAS</b> .....	<b>15</b>
8.1. CONSEJOS DE SUBCUENCA.....	15
8.2. JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, JAA's: .....	16
<b>9. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA</b> .....	<b>18</b>
<b>10. RESUMEN DEL INVENTARIO DE PROBLEMAS DETECTADOS Y JERARQUIZACIÓN.</b> .....	<b>21</b>
10.1. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS.....	22
10.1.1. <i>Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)-Sub cuenca Guacerique</i> .....	22
10.1.2. <i>Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)-Sub cuenca San José de Río Grande</i> .....	25
<b>11. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>27</b>



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

**TABLAS**

Tabla 1. Valores de ICA obtenidos para los puntos monitoreados en la subcuenca Guacerique. . 10  
 Tabla 2. Valores de ICA obtenidos para los puntos monitoreados en la subcuenca San José de Río Grande. .... 11  
 Tabla 3. Juntas Administradoras de Agua (JAA’s) en la zona de estudio. .... 17

**FIGURAS**

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo acordados sobre cuenca Guacerique.....7  
 Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse Los Laureles .....7  
 Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo acordados sobre cuenca S.J de río Grande.....8  
 Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse La Concepción .....8  
 Figura 5. Evaluación del Estado Trófico del Embalse los Laureles usando la Transparencia Disco Secchi -Índice de Carlson y Simpson (1996) Periodo 2021-2024. .... 12  
 Figura 6. Evaluación del Estado Trófico del Embalse la Concepción usando la Clorofila a -Índice de Carlson y Simpson (1996) Periodo 2015-2023..... 13  
 Figura 7. Evaluación del Estado Trófico del Embalse la Concepción usando Fósforo Total (Pt) - Índice de Carlson y Simpson (1996) Periodo 2017-2023..... 14  
 Figura 8. Cantidad de JAA`s en las subcuencas Guacerique y San José de Río Grande..... 18  
 Figura 9. Costo de Potabilización del agua Planta Potabilizadora los Laureles años 2022 y 2023.20  
 Figura 10. Costo de Potabilización del agua Planta Potabilizadora la Concepción años 2022 y 2023. .... 20  
 Figura 11. Costo de Potabilización de las plantas potabilizadoras Los Laureles y La Concepción años 2022 y 2023. .... 21  
 Figura 12. Ejemplo de Diagrama Causa-Efecto..... 22  
 Figura 13. Diagrama Causa-Efecto Subcuenca Guacerique..... 24  
 Figura 14. Diagrama Causa-Efecto Subcuenca San José de Río Grande. .... 26

**ANEXOS**

---

ANEXO R1.04-1 MAPA DE PUNTOS DE CONTAMINACIÓN Y MAPA DE UBICACIÓN DE INDUSTRIAS

**PLANOS**

---

**MAPAS**

---



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”.

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En el desarrollo del proyecto se ejecuta la presente consultoría, que tiene como objeto evaluar a las subcuencas del río Guacerique y San José Río Grande a nivel de los distintos tipos de contaminación (por agentes fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos), debido a que estas subcuencas drenan en los embalses principales que abastecen de agua a las plantas potabilizadoras los Laureles y la Concepción para su tratamiento y distribución al Distrito Central.

Del procesamiento y análisis de los relevamientos realizados y los muestreos ejecutados por esta consultoría, se determinaron las principales fuentes contaminantes. Se clasificaron como contaminación de tipo sólido y contaminación por efluentes y descargas líquidas.

La presencia de estas fuentes contaminantes, unida a inexistencia o debilidades en la gestión y control sobre agua y saneamiento en ambas subcuencas son problemas identificados cuyos efectos se desarrollan en este Informe.

A su vez y de igual importancia debemos señalar que la dinámica intrínseca en los Embalses unida a la preeminencia de la actividad agrícola en la zona ocasiona un considerable aporte de nutrientes con los perjuicios sobre la calidad de agua de estos.

## **2. ALCANCE**

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **“CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE” DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”, Componente 2, Subcomponente 2.3: “Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática”, específicamente lo relativo al “Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande”; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

### **3. OBJETIVO**

El presente documento contiene el desarrollo de la Actividad R1.04. Definición de problemas, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo con un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta el informe **resumen sobre los problemas identificados, caracterización y efectos**.

### **4. PROBLEMAS IDENTIFICADOS**

Las tareas de relevamiento, visitas técnicas, análisis de la información actualizada disponible y los muestreos de calidad de agua, realizados en el marco de la Consultoría permitieron identificar los principales problemas de las subcuencas en estudio y de sus respectivos Embalses, a saber:

- Existencia de fuentes contaminantes.
- Estado y Dinámica Intrínseca de los Embalses.
- Ausencia de estructuras de saneamiento dedicadas.
- Insuficiencia en la gestión y control del agua y saneamiento.

### **5. FUENTES CONTAMINANTES**

Se identifican como fuentes contaminantes aquellas de tipo sólido o líquido que tengan un potencial de afectar la calidad de agua de los cuerpos hídricos afluentes a los cursos principales y por ende a los Embalses.

En las figuras siguientes se presentan imágenes donde se aprecia la ubicación de los puntos que fueron muestreados tanto en las subcuencas como en los embalses Laureles y la Concepción.

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo acordados sobre cuenca Guacerique.**

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los muestreos.*



**Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse Los Laureles**

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los muestreos.*

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo acordados sobre cuenca S.J de río Grande**

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los muestreos.*



**Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse La Concepción**

*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de los muestreos.*



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

## **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

### **5.1. FUENTES CONTAMINANTES SUBCUENCA GUACERIQUE**

#### **5.1.1. Sólidos**

Se identificaron basurales con residuos sólidos de tipo doméstico a lo largo de toda la subcuenca. Adicionalmente, por parte de las instituciones militares se evidencia presencia de chatarra, y sitios de almacenamiento en mal estado, con condiciones que favorecen la dispersión de residuos al ambiente, como contenedores sin cerramiento.

También, según información proporcionada en las visitas técnicas, no existe algún tipo de control sobre los residuos industriales, siendo su gestión realizada de manera particular por cada una de las industrias, esta falta de control y vigilancia favorece la disposición inadecuada de residuos sobre las laderas de los cuerpos de agua.

Los puntos de contaminación por residuos sólidos sobre la subcuenca se presentan en el mapa C553-GU2-MP-RS-DC-124 (anexo R1.04-1).

#### **5.1.2. Efluentes y Descargas Líquidas**

Sobre la subcuenca se identifican las descargas de agua residual doméstica que no tienen ningún tipo de tratamiento, ya sea por descarga directa o infiltración en el suelo.

Se evidencian también descargas de aguas grises directas a los cuerpos hídricos, de tipo residencial e institucional (instalaciones militares).

En el mapa C553-GU2-MP-AB-DC-124 (anexo R1.04-1) se presentan los puntos identificados como contaminantes, relacionados con aceites y grasas, descargas de aguas residuales y distribución de combustible.

Sobre la subcuenca se identificaron un total de 37 industrias, su ubicación se presenta en el mapa C553-GU2-MP-GE-DC-112 (anexo R1.04-1). Se ratificaron las industrias presentes en los antecedentes, así como se reconocieron nuevas industrias. Para más detalle ver documento presentado en el Producto I: C553-GU2-MD-CA-DC-303.

En relación con los muestreos de calidad realizados, para la fase 1 (sequía) no se detectaron alteraciones en ninguno de los puntos, con excepción del A.1, en el que la concentración de Arsénico obtenida estuvo por encima del límite máximo establecido en la norma de agua potable, y, además, se identificó olor a residuos. Para la fase 2 (lluvia), en este mismo punto se detectaron concentraciones muy elevadas de DBO y DQO, así como valores bajos de pH, lo que puede indicar una contaminación puntual por una descarga (puede ser de tipo industrial o doméstico).

Las concentraciones de plaguicidas en todas las muestras realizadas en la subcuenca dieron concentraciones por debajo del valor mínimo de detección (VMD). No obstante se recomienda el monitoreo y control sobre los productos comerciales utilizados para el combate de las plagas en los cultivos, dada su toxicidad y la posibilidad de contaminar los cursos de agua.

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.

Los resultados obtenidos utilizando la herramienta denominada Índices de Calidad del Agua (ICA), se presentan en la **Tabla 1**. Como se aprecia, a pesar de las alteraciones detectadas en algunos de los parámetros medidos, según el ICA calculado, los cuerpos de agua registran valores que los categorizan como de calidad buena a media (regular), definiéndose como buena la que pudiera ser aplicable para distintos usos y presentar posibilidades de que prevalezca diversidad acuática, y como regular, aquellas donde se pudieran presentar posibles crecimientos de algas, disminución de OD, entre otros. El mínimo valor obtenido correspondió justamente al punto A.1.

**Tabla 1. Valores de ICA obtenidos para los puntos monitoreados en la subcuenca Guacerique.**

Punto	F1 (sequía)	F2 (lluvia)
A.1	66	64
A.2	84	72
A.2.1	85	76
A.3	78	65
A.4	76	70

*Fuente: elaboración propia.*

## 5.2. FUENTES CONTAMINANTES SUBCUENCA SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE.

### 5.2.1. Sólidos

En el desarrollo de las visitas de relevamiento, no se identificaron instalaciones industriales, así como tampoco instalaciones masivas con generación de residuos sólidos. La mayoría de población es rural con actividad agrícola. Se registró la quema traspatio de los residuos de carácter inorgánico, pues los residuos de tipo orgánico son en su mayoría reutilizados para la alimentación de animales propios tales como gallinas, cerdos o ganado.

### 5.2.2. Efluentes y Descargas Líquidas

Se identificó la presencia mayoritaria del sistema de letrinas húmedas o secas. Las letrinas húmedas pueden generar infiltración de aguas en el suelo y producir contaminación.

Las aguas grises son en su mayoría vertidas directamente en las calles o al suelo, existen casos en donde se reutilizan para riego interno de las viviendas.

En el mapa C553-GU2-MP-AB-DC-124 (anexo R1.04) se presentan los puntos identificados como contaminantes, relacionados principalmente con disposición de desechos sólidos (basurales y quema).

Respecto a los análisis de calidad del agua, no se detectaron alteraciones que resaltar en ninguno de los puntos, con excepción de las concentraciones de aluminio, que en los puntos B.1, B.2 y B.3, se encontraron por encima del VMA establecido en la norma técnica, lo que también debe ser considerado en su uso para consumo, en la fase 2 (lluvia) los valores se duplicaron.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

Al igual que en la subcuenca Guacerique, se calculó el Índice de Calidad del agua (ICA) para cada uno de los puntos muestreados.

Los valores obtenidos se resumen en la **Tabla 2**, dado que las características físicas, químicas y microbiológicas fueron mejores que para los puntos de la subcuenca Guacerique, todos los puntos resultaron con una calificación para el ICA que los categoriza como agua de buena calidad, con excepción del punto B.3 en la fase 2 (lluvia), que se ubicó en el rango de media/regular, en este resultado influyeron los parámetros de turbiedad (69,5 UNT) y coliformes fecales (920 NMP/100 ml), porque en este punto fue donde se presentaron con mayor alteración.

**Tabla 2. Valores de ICA obtenidos para los puntos monitoreados en la subcuenca San José de Río Grande.**

Punto	F1 (sequía)	F2 (lluvia)
B.1	80	-
B.2	80	74
B.3	83	65
B.4	-	80

*Fuente: elaboración propia.*

Las concentraciones de plaguicidas en todas las muestras realizadas en la subcuenca dieron concentraciones por debajo del valor mínimo de detección (VMD). No obstante, se recomienda el monitoreo y control sobre los productos comerciales utilizados para el combate de las plagas en los cultivos, dada su toxicidad y la posibilidad de contaminar los cursos de agua.

Esta Subcuenca ha sido hasta ahora menos estudiada en comparación con la del Guacerique, sin embargo, la revisión de los antecedentes disponibles muestra también una situación de intervención antrópica importante.

Hacia la cuenca alta, se presentan problemáticas asociadas a la actividad agrícola (de café, hortícolas) y tráfico de leña, esto último relacionado con problemáticas por tala ilegal, incendios forestales y extracción de grama para ornamentación, especialmente en el sector de la Sabana de Conejo (cuenca media). Por otro lado, la actividad de ganadería extensiva representa un riesgo ya que requiere de la tala de árboles para el pastoreo. La pérdida de cobertura vegetal significa el aumento de tasas de sedimentación, retención de agua de los suelos, inestabilidad estacional de flujos y baja resiliencia del sistema ante eventos hidrometeorológicos. Actualmente la subcuenca tiene una categoría de amenaza media a las sequías con amenaza a convertirse en amenaza alta debido a la presión antrópica ejercida en el área. (SANAA, ICF, 2016)

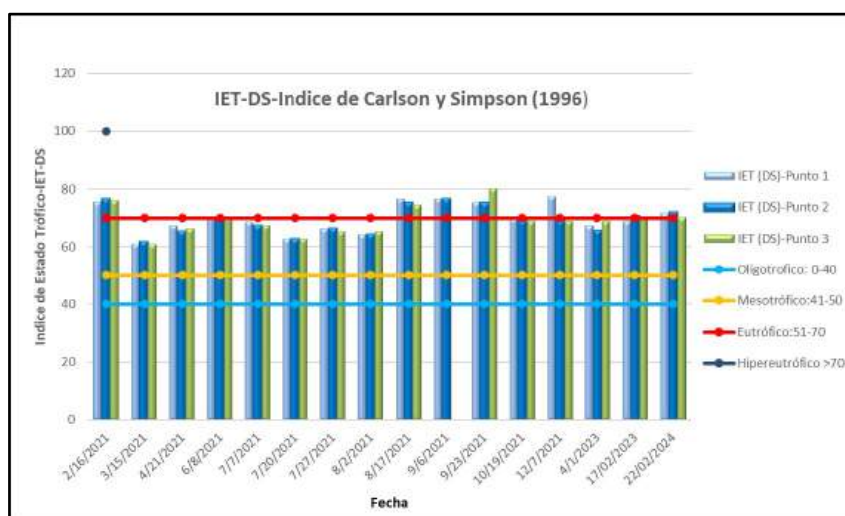
La actividad agrícola se concentra en el sector de Las Tablas debido a que la zona presenta gran cantidad de nutrientes producto de la naturaleza de sus suelos. El gran problema asociado a este tipo de actividad está ligado al uso de fertilizantes (tipo gallinaza) que al tener contacto con el suelo representan una contaminación microbiológica que se transporta hacia cursos de agua por infiltración y escurrimiento.

## 6. ESTADO Y DINÁMICA INTRÍNSECA DE LOS EMBALSES

### 6.1. ESTADO DEL EMBALSE LOS LAURELES.

Como se detalló en los Informes C553-GU2-MD-GE-DC-101 y C553-GU2-MD-GE-DC-105 del producto 1, el Embalse Los Laureles se encuentra en condición de eutrofia e hipereutrofia.

Los resultados obtenidos procesando los datos suministrados por la UMAPS en el período 2021-2024 se presentan en la **Figura 5**.



**Figura 5. Evaluación del Estado Trófico del Embalse los Laureles usando la Transparencia Disco Secchi -Índice de Carlson y Simpson (1996) Período 2021-2024.**

*Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.*

El procesamiento de los datos de los muestreos realizados en época seca y lluviosa durante la Consultoría ratificaron el estado antes mencionado.

Los valores de IET-DS están en el rango de hipereutrófico (>70) en todos los puntos de muestreo, indicando un estado de alta productividad biológica, con niveles similares en ambos periodos.

Los valores de IET-Cla muestran una tendencia del embalse a la hipereutrofia (>70) durante la sequía y se observa un grado eutrófico (51-70) durante la lluvia, lo que indica altas concentraciones de clorofila-a y, por ende, alta biomasa de algas.

El IET-Pt sólo se calculó para la temporada de lluvias, ubicándose en un estado eutrófico (51-70).

El IET-Global muestra un estado hipereutrófico (>70) durante la sequía en el punto cola y eutrófico durante la lluvia en todos de los puntos de muestreo.

Como conclusión, todos los puntos de muestreo en el embalse se ubicaron en estados eutróficos a hipereutróficos, con una menor productividad biológica durante la temporada de

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

lluvias en comparación con la sequía. Esto podría estar relacionado con la dilución de nutrientes durante la lluvia. Sin embargo, la calidad del agua en general parece estar comprometida debido a la alta productividad biológica y niveles elevados de nutrientes, lo cual resulta en proliferaciones de algas y otros problemas ecológicos.

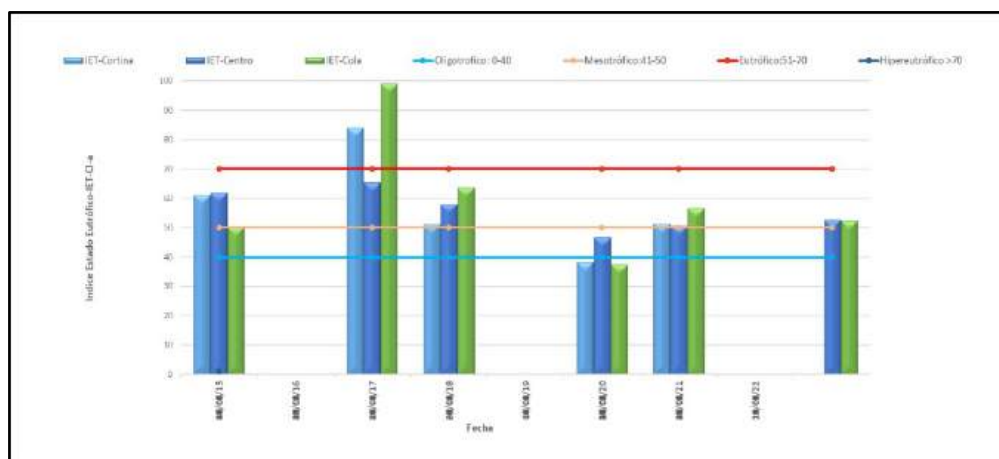
Se destaca que, en particular para el muestreo en época seca, los valores de turbiedad y color medidos evidencian un notable incremento con respecto a los valores de dichos parámetros en los tributarios. Se deduce que estos valores están asociados a la dinámica intrínseca de deterioro de calidad del agua en el embalse, especialmente a la presencia de especies Fito planctónicas. Al respecto, González E. 2004, indica que, en los lagos eutróficos, la turbiedad biogénica producida por las poblaciones algales es alta, por lo que también es alta la productividad por volumen de agua. Las propias algas reducen así la penetración de la luz y la zona trofógena efectiva.

**6.2. ESTADO DEL EMBALSE CONCEPCIÓN.**

Como se detalló en los Informes C553-GU2-MD-GE-DC-101 y C553-GU2-MD-GE-DC-105 el Embalse la Concepción se encuentra en condición de eutrofia e hipereutrofia.

Al igual que para el embalse los Laureles, se determinó el Estado Trófico del Embalse la Concepción utilizando datos de muestreos antecedentes

Entre los años 2015 y 2023, se midieron las concentraciones de Clorofila-a en los tres puntos de muestreo, con estos datos se calculó el Índice de Estado Trófico (IET) con la ecuación de Carlson, obteniéndose, tal como se aprecia en la **Figura 6** que el embalse se mantuvo en grado de eutrofización por encima del 75 % del periodo analizado en los puntos centro y cola, en el punto cortina correspondió al 50 %. Debe resaltarse que en el punto cortina se evidenció un estado oligotrófico en los muestreos del mes de julio de los años 2018 y 2020.

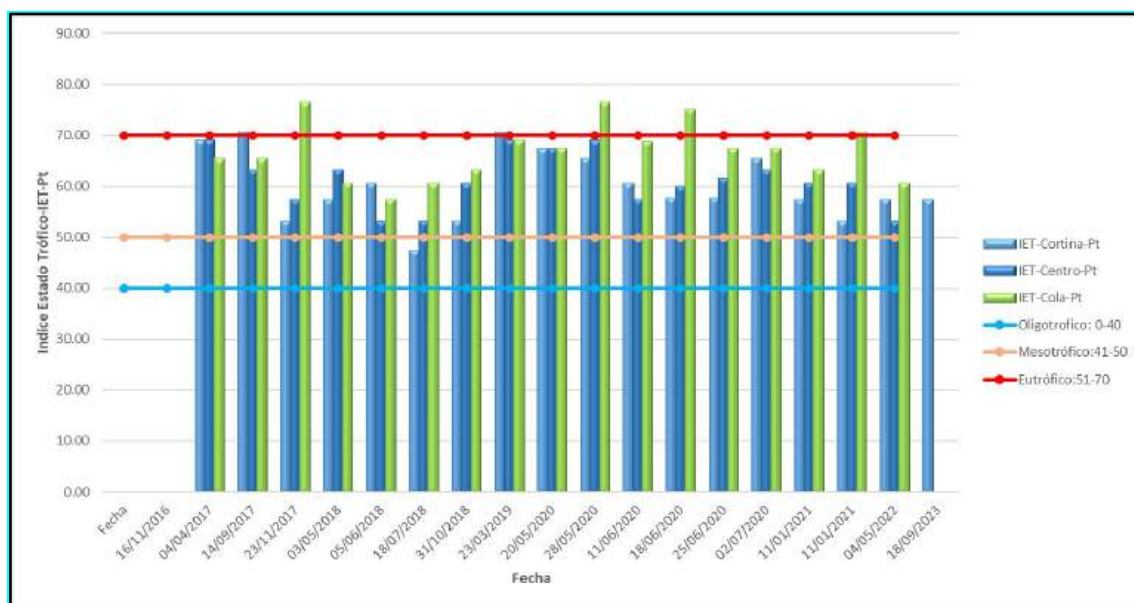


**Figura 6. Evaluación del Estado Trófico del Embalse la Concepción usando la Clorofila a - Índice de Carlson y Simpson (1996) Periodo 2015-2023.**  
Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

Debido a que, en los datos recibidos se verificó la medición fósforo total durante el periodo entre el 2017 y 2023, se procedió a calcular el IET usando la ecuación de Carlson para este parámetro.

Los resultados obtenidos luego de aplicar la ecuación correspondiente se presentan en la **Figura 7**, en la misma se confirma lo indicado anteriormente, el embalse se encontró en estado eutrófico e hipereutrófico en la mayoría de los muestreos, incluso en el punto centro en el 100 % de los casos.



**Figura 7. Evaluación del Estado Trófico del Embalse la Concepción usando Fósforo Total (Pt) - Índice de Carlson y Simpson (1996) Periodo 2017-2023.**

*Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.*

Luego, utilizando los resultados de los muestreos realizados por la consultora, se obtuvo que el embalse la Concepción presenta una condición trófica muy similar a los Laureles, es decir, estado hipereutrófico en la cola en el periodo de sequía y eutrófico en el centro y la cola para las fases 1 y 2.

## 7. ESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO

### 7.1. SUBCUENCA GUACERIQUE

Como se indica en varios de los Informes presentados, en particular en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-201 del Producto 1 y el Informe C553-GU2-MD-PT-DC-402 del Producto 2, la subcuenca carece de plantas de tratamiento.

A nivel residencial, se identifica como gestión principal de tratamiento las letrinas en sus dos presentaciones (húmedas y secas), no se evidencian redes de alcantarillado, así como tampoco

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

una planta de tratamiento para la zona, la disposición es de tipo disperso y con posibilidad de infiltración al suelo.

Sobre las plantas dedicadas en las Instalaciones Militares, no fue posible obtener información el día de la visita técnica, pues las personas que atendieron las visitas en cada una de las unidades manifestaron el desconocimiento de datos como caudales, eficiencias, planos y reportes de calidad. Cabe resaltar que estas instituciones se manejan de forma independiente del gobierno municipal, por ende, se plantea la necesidad de la adquisición por parte de las unidades militares, de una evaluación técnica de la operación de dichas plantas, con el fin de establecer un diagnóstico de funcionamiento, propuestas de mejora y recomendaciones de operación para el cumplimiento de la calidad de los vertidos.

### **7.2. SUBCUENCA SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE.**

Como se indica en varios de los Informes presentados, en particular en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-201 del Producto 1 y el Informe C553-GU2-MD-PT-DC-402 del Producto 2, en esta subcuenca no se identifican plantas de tratamiento de agua residual de carácter público ni privado, considerando su ocupación mayoritariamente rural, la forma de disposición del agua se concentra en los métodos de letrina seca y húmeda, no se evidencian redes de alcantarillado.

## **8. GESTIÓN Y CONTROL DEL AGUA Y SANEAMIENTO EN LAS SUBCUENCAS**

Los Actores claves en la gestión y control del Sector Agua y Saneamiento en Honduras fueron detallados en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-102 del Producto 1. Para no reiterar el estado de situación planteado en el Informe mencionado y para ratificar lo observado en ambas subcuencas, se mencionan a continuación sólo dos actores claves para instalar-mejorar la gestión y el control en las mismas.

### **8.1. CONSEJOS DE SUBCUENCA**

Un consejo de cuenca es una instancia regional de coordinación y concertación de acciones entre agentes públicos y privados que viven y gestionan una cuenca. Los consejos de cuencas son importantes porque son entidades conformadas por diversos actores públicos y privados consientes del desarrollo local sustentable, que fortalecen la participación ciudadana, contribuyendo a la gobernabilidad y al cumplimiento de las leyes, las políticas y los planes de la gestión hídrica (GWP, 2014)

De acuerdo con (Carias C, 2013) los objetivos del Consejo de la subcuenca son:

- Ordenar el territorio
- Tomar decisiones e Iniciativas de proyectos en la zona
- Asegurar la participación ciudadana en el cumplimiento de la Ley, las políticas y los planes de la gestión hídrica.
- Proponer, ejecutar programas y acciones para la mejor administración del desarrollo de la infraestructura hidráulica y la protección, conservación y preservación de los recursos hídricos de la cuenca.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

El consejo de subcuenca del Río Guacerique fue conformado en el año 2012 con el apoyo del SANAA y de la DGRH de la SERNA, pero según (Pardo L, 2018) hasta el 2018 no había logrado obtener su personalidad jurídica.

(Pardo L, 2018) indica que el concejo ha identificado una serie de problemas en la Subcuenca Guacerique y en el Embalse Los Laureles, que coinciden con los identificados por esta consultoría. En forma adicional mencionan algunas debilidades que ellos perciben en cuanto a la protección de la fuente de agua. Los principales problemas identificados fueron:

- Otorgamiento de permisos de construcción en lugares que prohíbe la Ley del Ambiente.
- Las Licencias Ambientales para industrias que contaminan, ya que son otorgadas, pero no se hace seguimiento de las medidas de mitigación recomendadas.
- Desconfianza de los agricultores hacia las autoridades de gobierno, por el temor a que los desalojen de sus tierras.
- No se realizan inspecciones de los establecimientos que contaminan las corrientes de agua.

Los miembros de la Junta Directiva consideran que su organización es débil porque no cuenta con recursos financieros para realizar las actividades que les asigna la Ley de Aguas. En tal sentido, tampoco reciben el apoyo necesario para preparar todos los documentos que son requisitos para gestionar su personalidad jurídica (Pardo L, 2018).

En el relevamiento realizado por esta consultoría, se verificó que ya no existe este consejo de subcuenca, lo que confirma la debilidad jurídica en la que se encontraba.

## **8.2. JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, JAA's:**

En las localidades rurales y periurbanas del país, los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento generalmente son gestionados a través de organizaciones comunitarias denominadas Juntas Administradoras de Aguas (ERSAPS, 2021).

El (ERSAPS, 2024) establece los siguientes objetivos para las JAA's:

- Operar y mantener el sistema de agua potable en forma eficaz y continua.
- Administrar el servicio de agua potable y saneamiento como un Prestador comunitario
- Conservar y proteger las cuencas que proveen las fuentes de agua.

Tienen como obligación garantizar la calidad y continuidad de los servicios, establecer un mecanismo eficiente de solución de conflictos y suscribir un contrato de servicio entre el prestador-usuario. Su marco de actuación se localiza principalmente en el área rural.

El gobierno de Honduras a través de la Secretaría de Gobernación, Justicia y Descentralización (SGJD), otorga personalidad jurídica a las Juntas Administradoras de Agua, previo dictamen de la respectiva Corporación Municipal que son responsables de validar la legalidad de las JAA's que operan en el término de su jurisdicción; la personalidad faculta a las JAA's para contraer obligaciones y realizar actividades que generen plena responsabilidad jurídica frente a sí mismas

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

y frente a terceros, dicho documento es requisito para recibir asistencia técnica y financiera por parte del Estado (ERSAPS, 2021).

Considerando que algunas de las aldeas comparten superficie de ambas subcuencas, a continuación, en la **Tabla 3** se presenta un listado de las Juntas de Agua que se encuentran inscritas en la Dirección de Regulación, Registro y Seguimiento de Asociaciones Civiles del país.

**Tabla 3. Juntas Administradoras de Agua (JAA's) en la zona de estudio.**

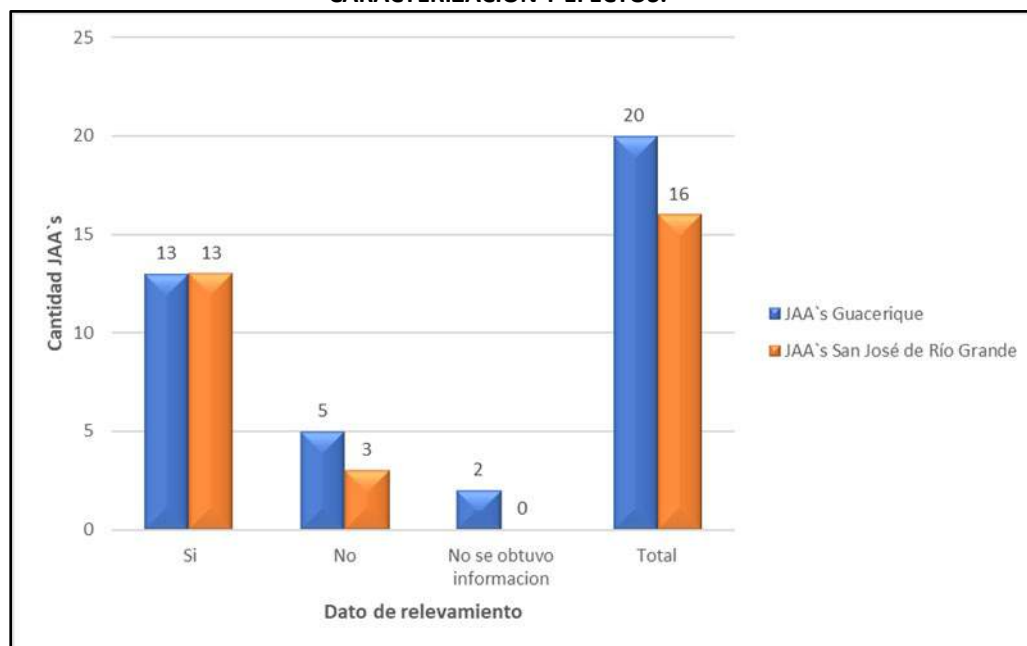
No. Registro DIRRSAC	Nombre de la asociación civil	Fecha De Registro	Municipio	No. Resolución
2014000511	JUNTA DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LAS COMUNIDADES LAS TABLAS, LA BREA Y MONTE REDONDO	23/12/2014	Lepaterique	1061-2014
2016000341	LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LAS COMUNIDADES DE SABANA REDONDA, CRUZ BLANCA Y QUEBRADA HONDA, DE LA ALDEA DE HIERBA BUENA	18/7/2016	Lepaterique	433-2016
2006000489	JUNTA DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LA COMUNIDAD DE SURCOS DE CAÑA	8/11/2006	Ojojona	876-2006
2016000056	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE LA ALDEA EL AGUACATAL	22/1/2016	Ojojona	1600-2015
2021000638	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA DE LAS ALDEAS: LA CALERA, VILLA NUEVA Y VILLA VIEJA	21/12/2021	Distrito Central	205-99
2013000241	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DEL CACERIO LA CALERA, ALDEA MATEO	7/8/2013	Distrito Central	436-2013
2008000468	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LA ALDEA "LA CUESTA SECTOR No.2"	25/11/2008	Distrito Central	2248-2008
2012000288	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LA ALDEA LA SABANA	27/8/2012	Distrito Central	2012000288
2016000055	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE LA ALDEA MATEO	21/1/2016	Distrito Central	1599-2015
2013000241	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA Y SANEAMIENTO DEL CACERIO LA CALERA, ALDEA MATEO	7/8/2013	Distrito Central	436-2013
2013000441	JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA DE LA ALDEA SAN MATIAS	17/12/2013	Distrito Central	1188-2013
2003002417	JUNTA ADMINISTRADORA DE ACUEDUCTO RURAL DE LA ALDEA DE SAN MATIAS, JURISDICCION DEL DISTRITO CENTRAL, FRANCISCO MORAZAN	6/1/2004	Distrito Central	PJ 1180 1977

<https://www.sjgd.gob.hn/servicios-y-gestiones-web/requisitos/direccion-de-regulacion-registro-y-seguimiento-de-asociaciones-civiles-dirrsac>

Por otra parte, del relevamiento realizado en ambas subcuencas, se verificó que para la del Guacerique en 13 de las 20 comunidades relevadas existen JAA's, mientras que en San José en 13 de las 16 (**Figura 8**).

El total de juntas de agua verificadas en las subcuencas fue de 26, significa que una parte importante no está registrada formalmente, lo que implica limitaciones en su accionar.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 8. Cantidad de JAA's en las subcuencas Guacerique y San José de Río Grande**  
*Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del relevamiento.*

Las JAAS enfrentan la disminución de la precipitación, la contaminación de las nacientes y la pérdida progresiva de la cobertura forestal. Asimismo, tienen poco apoyo técnico y político para establecer acciones básicas de adaptación e incrementar la participación local (Orueña & Zamora, 2014)

Según (Pardo L, 2018), en las JAA's establecidas en la Subcuenca Guacerique, se detectaron limitaciones en cuanto a la capacidad organizacional, la disponibilidad de recursos financieros y las acciones que pueden ejercer en cumplimiento de su mandato.

## 9. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA

Si bien se han mencionado entre los principales problemas identificados, la ausencia de estructuras de saneamiento dedicadas y la insuficiente gestión y control del agua y saneamiento, en este ítem se identifican los principales efectos de la contaminación en la calidad del agua comunes a ambas subcuencas y los embalses.

- Aumento de turbiedad del agua, especialmente en la fase de lluvia. En el muestreo realizado en esta época se obtuvieron valores de turbiedad entre 62 y 367 UNT. El arrastre de sedimentos producto de los procesos erosivos en las subcuencas parecen la causa principal de esta alteración.

Para lograr obtener valores conforme a los máximos permisibles establecidos en las normas de agua potable, es necesaria la utilización de mayores dosis de coagulante y del coadyuvante de coagulación -floculación (sulfato de aluminio y polielectrolito). Aumentos

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

de turbiedad de salida en el agua decantada afectan la carrera de filtración de los filtros de arena, con los consiguientes aumentos de agua de lavado y energía.

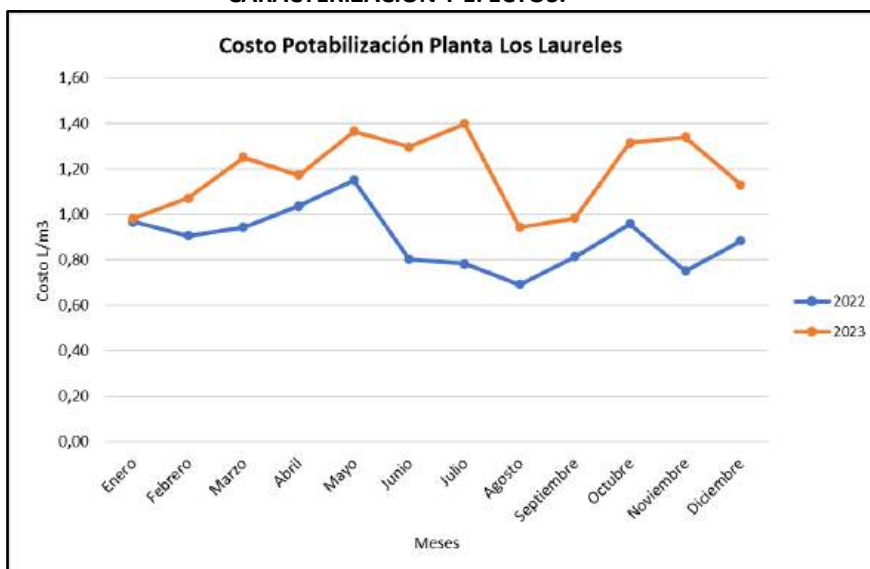
- Aumento del color del agua, obteniéndose mediciones de color entre 100 y 135 UPt. Co en época de lluvia (agua de color marrón). El color está asociado a sustancias de tipo orgánico (como los ácidos húmicos y fúlvicos, algas, entre otros) e inorgánico (hierro y manganeso). La filtración con carbón activado es la forma más común de tratamiento para eliminar el color del agua, a su vez con la eliminación del color, se absorben partículas y contaminantes orgánicos en el agua que pueden provocar malos sabores y olores.
- En todos los cuerpos de agua se detectaron concentraciones elevadas de hierro. El hierro, al igual que la turbiedad y el color, presenta principalmente alteraciones organolépticas en el agua y ello trae asociado la implementación de procesos adicionales en la planta para lograr su remoción. La presencia de este elemento está relacionada con la litología de la subcuenca.
- Para el muestreo en época de lluvia se verifica aporte de nutrientes (nitrógeno y fósforo) desde los tributarios hacia los Embalses, muy probablemente por efectos antrópicos como la descarga de aguas residuales sin tratamiento y el arrastre de fertilizantes. Lo expuesto favorece la proliferación de los microorganismos, altas concentraciones algales con el consiguiente mal olor y sabor del agua. En las plantas potabilizadoras se recurre a la precloración, al tratamiento con carbón activado encareciendo así el costo del proceso de potabilización.
- Aunque los resultados de los análisis de plaguicidas organoclorados y fosforados mostraron que todas las sustancias analizadas se encontraron por debajo del Nivel Mínimo Detectable (NMD), no se puede concluir sobre la presencia o no de sustancias plaguicidas, en primer lugar, porque no se han encontrado antecedentes de mediciones históricas de las mismas, en segundo, porque lo que si existe es evidencia de que en la zona se desarrolla de manera intensiva la agricultura, especialmente en la subcuenca media y alta. Mayor detalle sobre este tema se encuentra en el documento C553-GU2-MD-GE-DC-101 y en el ANEXO-R1.01-9 del mismo.
- Para las comunidades locales que habitan dentro de las subcuencas y utilizan el agua de los ríos para abastecerse, se incrementa el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua, tales como la diarrea, infecciones en la piel, entre otros.

Como se indicó, la contaminación de los cuerpos de agua ligado a los procesos de eutrofización progresiva de los Embalses en cada subcuenca en estudio, provocan cambios en la calidad del agua que dificultan el tratamiento del agua potable e influyen en los costos de operación de las correspondientes Plantas potabilizadoras.

A título indicativo, en las figuras siguientes se presentan los costos de productos químicos por m<sup>3</sup> de agua producida durante el periodo 2022-2023 en los Embalses Los Laureles y Concepción.

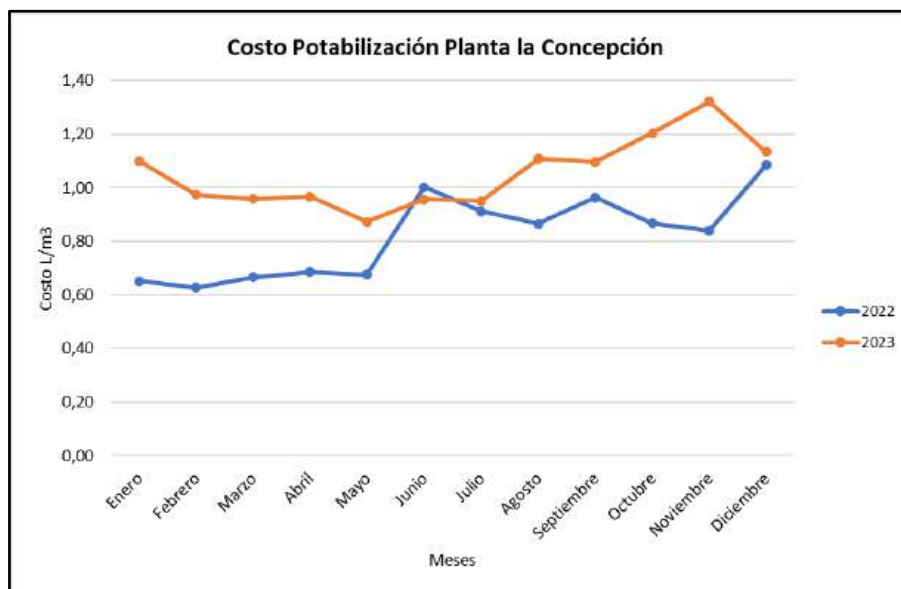
“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 9. Costo de Potabilización del agua Planta Potabilizadora los Laureles años 2022 y 2023.**

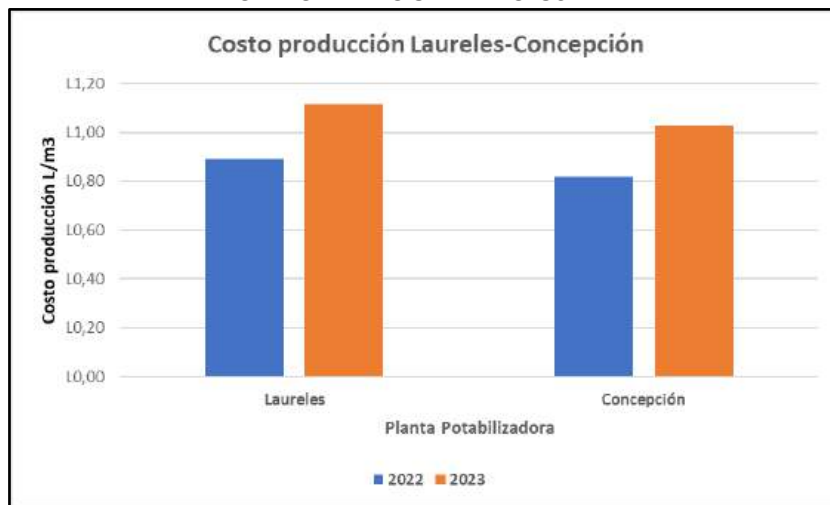
Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.



**Figura 10. Costo de Potabilización del agua Planta Potabilizadora la Concepción años 2022 y 2023.**

Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 11. Costo de Potabilización de las plantas potabilizadoras Los Laureles y La Concepción años 2022 y 2023.**

*Fuente: Elaboración propia, con datos suministrados por la UMAPS.*

Como se observa, es mayor el costo/m<sup>3</sup> en Los Laureles que en Concepción

2022: Concepción = L0,82/m<sup>3</sup> vs Los Laureles= L 0,89/m<sup>3</sup>

2023: Concepción = L1,03/m<sup>3</sup> vs Los Laureles= L 1,12/m<sup>3</sup>

En Los Laureles se observa un aumento del 25,8% en el periodo 2022 a 2023

En Concepción se observa un aumento del 25,6% en el periodo 2022 a 2023

La alteración en los parámetros de calidad del agua de los embalses no sólo afecta en los procesos que se aplican para potabilizar sus aguas y los costos asociados, además, se puede producir la destrucción de microhábitats acuáticos, con la consecuente pérdida de la biodiversidad. Así mismo, disminuye la capacidad de autodepuración, pudiendo incluso ocurrir impactos irreversibles en la calidad del medio ambiente en general.

**10. RESUMEN DEL INVENTARIO DE PROBLEMAS DETECTADOS Y JERARQUIZACIÓN.**

En los estudios de control de calidad o análisis de procesos, especialmente los de tipo diagnóstico, se requiere la utilización de herramientas de análisis que permitan consolidar la información, identificando con ellas, los puntos críticos que están influenciando o causando un problema previamente definido. La organización adecuada de la información garantiza el planteamiento de acciones preventivas y correctivas tendientes a producir mejoras en el proceso, dos (02) de los métodos más utilizados son, el Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) que se

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

detalla en este Informe y el Principio de Pareto que se desarrolla en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-505, en correspondencia con lo solicitado en los Términos de Referencia.

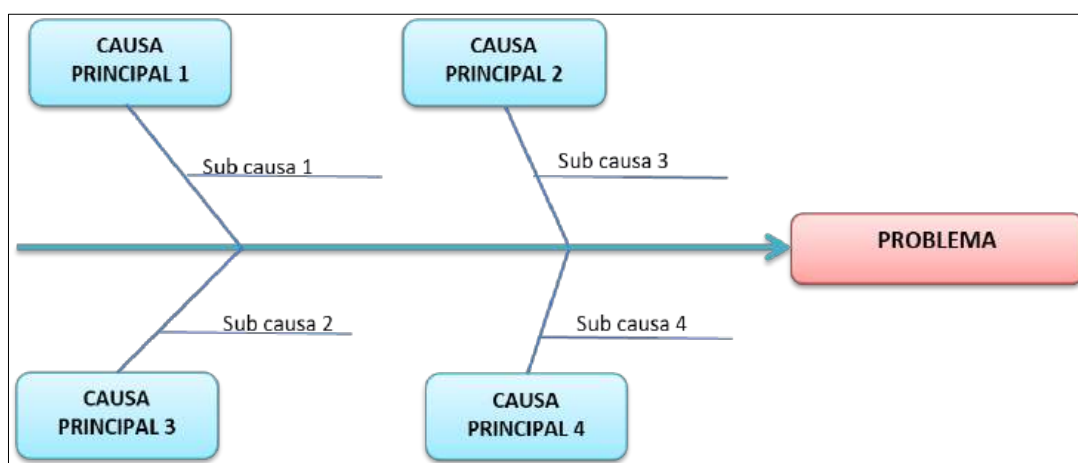
Estos métodos serán aplicados al área de estudio, con la idea de definir cuáles de los problemas identificados influyen en mayor o menor proporción en el deterioro de la calidad del agua de los embalses.

**10.1. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS**

**10.1.1. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)-Sub cuenca Guacerique**

El diagrama de Ishikawa es una técnica que permite organizar y representar las distintas causas de un problema, conocido con este nombre, por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa. También se le denomina diagrama de espina de pescado, por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que originan un problema (ver **Figura 12**). A través de él, se puede visualizar clara y rápidamente, la relación que tiene cada una de las causas, con las demás razones que inciden en el origen del problema, en ocasiones son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, por lo que pueden estar actuando en cadena (Office of Government Commerce., 2009)

El diagrama se puede elaborar de dos (02) formas, en la primera se trata de enlistar todos los problemas identificados, tipo “lluvia de ideas”, y de esta manera intentar jerarquizar cuáles son principales y cuáles son sus causas; la otra forma, consiste en identificar las ideas principales y ubicarlas directamente en los “huesos primarios”, y después comenzar a identificar causas secundarias, que se ubicarán en los “huesos pequeños” o ramales secundarios (Bermúdez & Camacho, 2010).



**Figura 12. Ejemplo de Diagrama Causa-Efecto.**

*Fuente: Elaboración propia.*

La metodología descrita fue aplicada para ambas subcuencas, obteniéndose para la Sub cuenca Guacerique el diagrama que se presenta en la **Figura 13**.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS,  
CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

Como se puede observar, las causas principales y sus respectivas subcausas representan en detalle los problemas identificados. La contaminación por descargas residuales urbanas e industriales, el enriquecimiento en nutrientes producto de la actividad agrícola, el riesgo de contaminación por sustancias químicas utilizadas en la actividad propia de la zona en estudio y la existencia de instalaciones que vuelcan a los tributarios/suelo de las subcuencas sin control (IM y fabriles) se encuadran en el problema identificado en contaminación del agua a los respectivos Embalses.

Se ha considerado importante ubicar la causa Contaminación por la Dinámica propia de los Embalses como un problema independiente, si bien existe una relación íntima causa- efecto entre ambos problemas, ya que los resultados obtenidos avalan esta decisión.

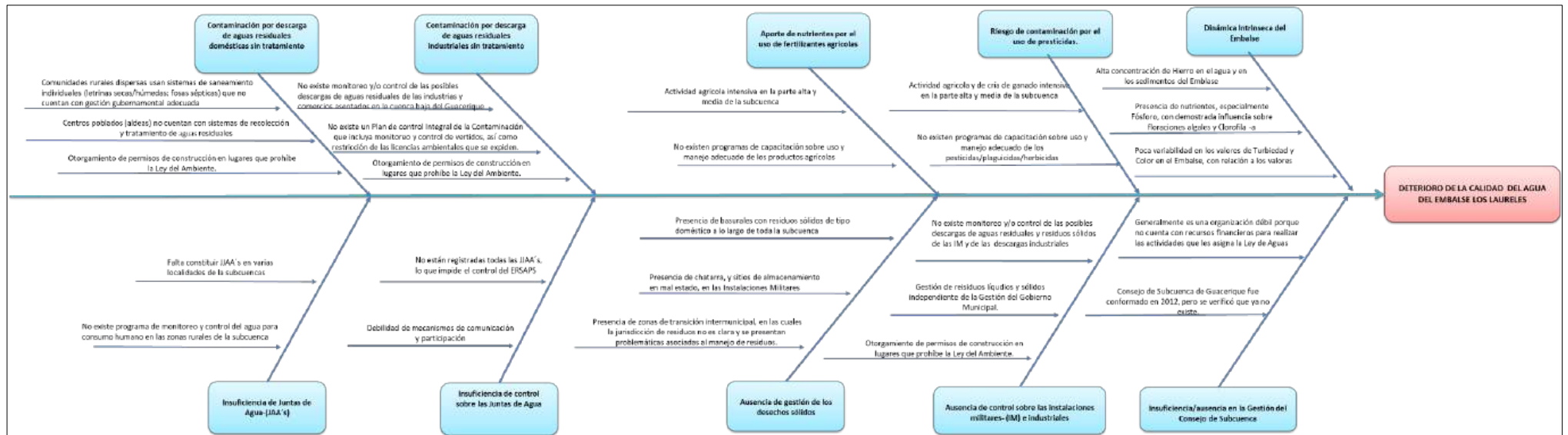
La ausencia de gestión y de estructuras dedicadas también están reflejadas en las causas principales y/o en las subcausas.

Se listan a continuación las Causas/Problemas Principales que se indican en el Diagrama:

- Contaminación por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento
- Contaminación por descargas de aguas residuales industriales sin tratamiento
- Aporte de nutrientes por el uso de fertilizantes agrícolas
- Riesgo de contaminación por el uso de pesticidas
- Dinámica intrínseca en los Embalses
- Insuficiencia de Juntas de Agua-(JJAA´)
- Insuficiencia de control sobre las Juntas de Agua-(JJAA´)
- Ausencia de gestión de los desechos sólidos
- Ausencia de control sobre las Instalaciones Militares e industrias
- Insuficiencia/ausencia en la Gestión del Consejo de subcuencas

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 13. Diagrama Causa-Efecto Subcuenca Guacerique.**

*Fuente: Elaboración propia.*

Las causas secundarias indicadas en el diagrama no se detallarán, ya que las mismas se han evidenciado exhaustivamente en los respectivos Informes dedicados.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

##### **10.1.2. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)-Sub cuenca San José de Río Grande**

Aplicando la misma metodología, se realizó el diagrama causa-efecto para la subcuenca San José de Río Grande (**Figura 14**).

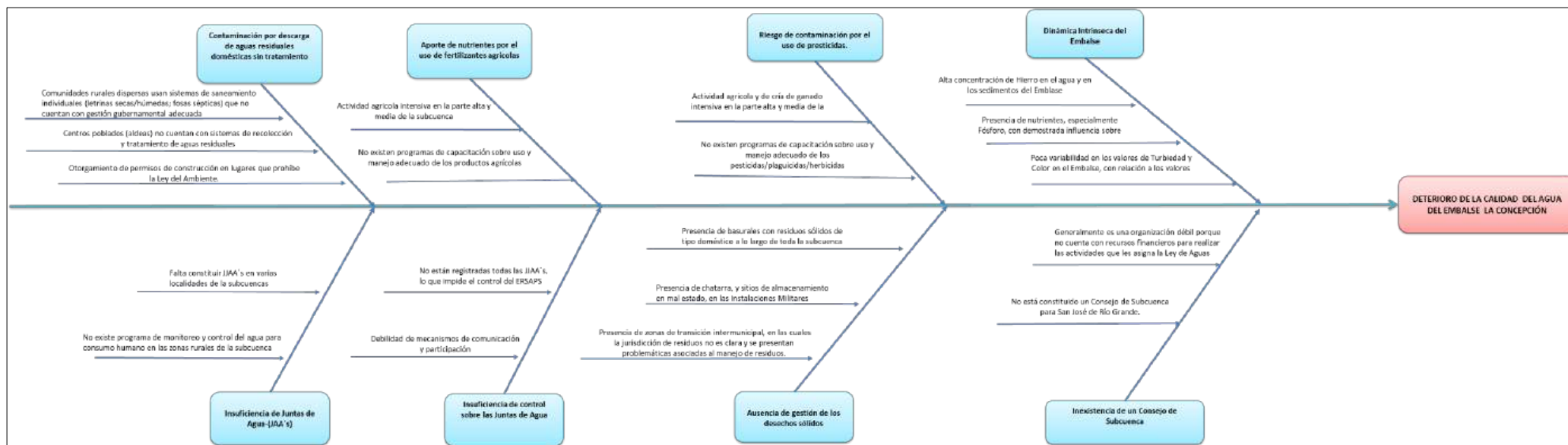
Se aplican para este diagrama observaciones idénticas a las realizadas para el del Subcuenca Guacerique, con la excepción que en esta subcuenca no hay instalaciones, como las militares y actividad fabril, ya que es una subcuenca eminentemente agrícola-ganadera.

Se listan a continuación las Causas/Problemas Principales que se indican en el Diagrama:

- Contaminación por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento
- Aporte de nutrientes por el uso de fertilizantes agrícolas
- Riesgo de contaminación por el uso de pesticidas
- Dinámica intrínseca en los Embalses
- Insuficiencia de Juntas de Agua-(JJAA')
- Insuficiencia de control sobre las Juntas de Agua-(JJAA')
- Ausencia de gestión de los desechos sólidos
- Insuficiencia/ausencia en la Gestión del Consejo de subcuencas

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**



**Figura 14. Diagrama Causa-Efecto Subcuenca San José de Río Grande.**

*Fuente: Elaboración propia.*

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Bermúdez, E., & Camacho, J. (2010). *El uso del diagrama causa-efecto*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, XL(3 y 4), 127-142.
- Carias C, M. D. (2013). *La Gobernanza del Recurso Hídrico en la Subcuenca del Guacerique*. Tegucigalpa, Honduras.: Universidad Nacional Autónoma de Honduras-Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra.
- ERSAPS. (2021). Agua Potable y Saneamiento en Honduras, Indicadores Urbanos y Rurales . Tegucigalpa, Honduras, C.A.
- ERSAPS. (02 de Mayo de 2024). *Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento-ERSAPS*. Obtenido de Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento-ERSAPS: <https://www.ersaps.hn/junta.html>
- Fleitman, J. (28 de agosto de 2007). *Evaluación Integral Para Implantar Modelos de Calidad*. Obtenido de [https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA\\_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=%20diagrama%20de%20Pareto&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=%20diagrama%20de%20Pareto&f=false)
- GWP. (2014). *Una guía fácil para constituir organismos de cuenca, bajo las pautas de la Ley General de Aguas*. Tegucigalpa, Honduras.: GWP.
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (28 de agosto de 2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Obtenido de <https://books.google.co.ve/books?id=KYSMQQyQAbYC&pg=PA80&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwj47leW2JrRAhVDNSYKHRkXCXo4HhDoAQg8MAU#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diagrama%20de%20Pareto&f=false>
- Office of Government Commerce. (28 de agosto de 2009). Obtenido de [https://books.google.co.ve/books?id=htb2mp3A2WAC&pg=PA225&dq=diagrama+de+ishikawa&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwiNu\\_\\_Tx5rRAhVEKCYKHbK0A18Q6AEIPTAF#v=onepage&q=diagr%20ama%20de%20ishikawa&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=htb2mp3A2WAC&pg=PA225&dq=diagrama+de+ishikawa&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwiNu__Tx5rRAhVEKCYKHbK0A18Q6AEIPTAF#v=onepage&q=diagr%20ama%20de%20ishikawa&f=false)
- Orueña, O., & Zamora, A. (2014). *Formulación participativa de estrategias locales de adaptación de la agricultura al cambio climático en zonas rurales de El Salvador y Honduras*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela de Posgrado del CATIE.
- Pardo L, M. L. (2018). *Protección del Recurso Hídrico. Conservación de las fuentes actuales de Abastecimiento de agua de Tegucigalpa con Énfasis en el Embalse los Laureles*. Tegucigalpa, Honduras: Unidad de Gestión de Agua y Saneamiento de la AMDC (UGASAM).
- Rodríguez, G. (2019). *Disponibilidad y calidad del agua en el embalse Los Laureles de Tegucigalpa, Honduras y su relación por efecto de la variabilidad climática*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- SANAA, ICF. (2016). *Plan de Manejo de la Sub Cuenca San José de Río Grande*. Tegucigalpa: PNUD.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - INFORME RESUMEN SOBRE LOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS, CARACTERIZACIÓN Y EFECTOS.**

Sánchez, M., Ilzarbe, L., & Dueñas, R. (28 de agosto de 2006). *Teoría y Práctica de la Calidad*.  
Obtenido de  
<https://books.google.co.ve/books?id=cUjBxymwhuQC&pg=PA101&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiw-uOOzprRAhVQfiYKHemaB1EQ6AEIQDAG#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diag%20rama%20de%20Pareto&f=false>



Unidad de  
**buen  
corazón**



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE  
Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN  
DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL  
AGUA**

**C553-GU2-MD-CA-DC-504**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**





“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

**PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA -V2**

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/2024 REV 02
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	SE DESCRIBEN LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO (PARÁMETROS A MEDIR, PUNTOS A MONITOREAR Y TECNOLOGÍA A IMPLEMENTAR).

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**  
**ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA.....</b>	<b>6</b>
	4.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	6
	4.1.1 <i>Objetivo General</i> .....	6
	4.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	6
	4.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS A MONITOREAR .....	6
	4.3 PUNTOS A MONITOREAR DE FORMA REMOTA.....	9
	4.3.1 <i>Puntos a monitorear-Subcuenca Guacerique</i> .....	9
	4.3.2 <i>Puntos a monitorear-Subcuenca san José de río grande</i> .....	11
	4.4 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	13
	4.5 DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO .....	13
	4.5.1 <i>Sensores</i> .....	13
	4.5.2 <i>Dispositivo de Telemetría</i> .....	15
	4.5.3 <i>Dispositivo de comunicación inalámbrica</i> .....	15
	4.5.4 <i>Boyas o balsas flotantes</i> .....	15
	4.5.5 <i>Software</i> .....	16
	4.5.6 <i>Mantenimiento Preventivo y Calibración</i> .....	17
	4.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	18
	4.6.1 <i>Gestión de los datos, visualización y reportes</i> .....	19
	4.7 OPCIONES DE FINANCIAMIENTO PARA LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	21
	4.8 BENEFICIOS ESPERADOS .....	22
	4.9 CONCLUSIONES.....	22

**TABLAS**

Tabla 1. Parámetros de laboratorio recomendados a medir en los puntos seleccionados en las subcuencas en estudio y en los Embalses los Laureles y la Concepción. ....	8
Tabla 2. Parámetros recomendados para analizar en los sedimentos .....	9
Tabla 3. Características generales de los sensores a instalar en cada punto de monitoreo remoto. .	13



ciudad de  
**buen  
corazón**



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

## **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

### **FIGURAS**

<b>Figura 1. Ubicación de los puntos a muestrear de forma manual sobre la subcuenca Guacerique</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse Los Laureles</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo sobre subcuenca S.J de río Grande</b>	<b>12</b>
<b>Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse La Concepción.</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5. Imagen de puerto de ubicación de los sensores dentro del instrumento multiparamétrico.</b>	<b>14</b>
<b>Figura 6. Imagen de boya tipo para instalación del instrumento multiparamétrico.</b>	<b>16</b>
<b>Figura 7. Imagen referencia de pantalla de software de manejo de datos.</b>	<b>17</b>
<b>Figura 8. Imágenes referenciales para el reporte de resultados de muestreos de calidad del agua</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9. Imagen referencial para el reporte de muestreo de caudales</b>	<b>20</b>
<b>Figura 10. Imagen referencial de tabla reporte con resultados de muestreos de calidad del agua y su correspondiente comparativa con la norma de aplicación</b>	<b>21</b>

### **ANEXOS**

---



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

## **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

### **1 INTRODUCCIÓN**

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”.

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En este documento se desarrolla una propuesta básica para la instalación de un sistema de monitoreo remoto de parámetros clave de la Calidad del agua en distintos puntos de la Subcuencas Guacerique y San José de Río Grande y en los Embalses Los Laureles y La Concepción.

### **2 ALCANCE**

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **“CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE” DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto “Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa”, Componente 2, Subcomponente 2.3: “Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática”, específicamente lo relativo al “Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande”; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

Se prevé diseñar y proponer un sistema de monitoreo remoto de la calidad del agua, que permita predecir alteraciones producidas por vertidos contaminantes en los cuerpos de agua que forman parte de las subcuencas en estudio.

Este documento presenta una propuesta básica basada en la revisión de antecedentes, la ejecución de muestreos y la experiencia de la consultara en el área. Se incluyen las características principales del sistema de monitoreo, el cual se amplía y detalla en el documento **C553-GU2-MD-CA-DC-705**.

## **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

### **3 OBJETIVO**

El presente documento contiene el desarrollo de la **Actividad R1.04. Definición de problemas**, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo a un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta la **propuesta básica para la futura implementación de un sistema de monitoreo de la calidad del agua**.

El diseño de un sistema de monitoreo de la calidad del agua en una cuenca es un proyecto que implica varios pasos y la integración de diversas tecnologías y metodologías.

Para lograr que un proyecto de esta naturaleza sea exitoso, es primordial definir adecuadamente y conforme a las necesidades específicas, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros a monitorear y la tecnología a implementar.

### **4 SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA**

#### **4.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE MONITOREO**

##### **4.1.1 Objetivo General**

- Diseñar un sistema de monitoreo automatizado de la calidad del agua para las subcuencas Guacerique y San José de Río Grande, con capacidad para el control y seguimiento de la contaminación en puntos estratégicos de ambas subcuencas y en los embalses los Laureles y la Concepción

##### **4.1.2 Objetivos Específicos**

- Monitorear los parámetros clave de la calidad del agua (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, entre otros) en puntos estratégicos en las subcuencas Guacerique y San José de Río Grande, y en los embalses los Laureles y la Concepción.
- Proporcionar datos en tiempo real mediante un sistema de monitoreo remoto, que permita conocer la calidad del agua en distintos puntos de la subcuenca y en el embalse los Laureles y la Concepción.

#### **4.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS A MONITOREAR**

El monitoreo remoto implica la instalación de sensores multiparamétricos en distintos puntos. Los sensores multiparamétricos son dispositivos avanzados que permiten medir simultáneamente varios parámetros físico-químicos del agua, tales como: pH/ORP, temperatura, presión, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, Fluorescencia (para la determinación de algas), cloruros, clorofila a, nitratos, amonio, rodamina, sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales, entre otros.

Sin embargo, al hablar de varios parámetros de forma simultánea, es necesario aclarar que, de acuerdo con las tecnologías disponibles, existe un número limitado de sensores que se pueden ubicar dentro de un instrumento multiparámetro, oscilando entre un mínimo de dos (2) y un máximo de siete (7).

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

En este sentido, se debe ser muy cuidadoso y estratégico al momento de la elección de los parámetros a monitorear. Para el caso que nos ocupa, se ha decidido proponer el monitoreo de los siguientes parámetros:

##### **Parámetros Físico-Químicos:**

- pH/ORP
- Temperatura
- Conductividad eléctrica y Sólidos Disueltos Totales (por derivación de la conductividad).
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Nitratos
- Clorofila a (por fluorescencia)

##### **Parámetros Biológicos:**

- Ficocianina por fluorescencia. La ficocianina es un pigmento natural que aparece en las algas verde/azuladas.

Se aclara que, además de la propuesta de implementación de un sistema de monitoreo remoto, en paralelo, se deben ejecutar campañas de muestreos manual tanto en los distintos puntos de las subcuencas en estudio, como en los embalses los Laureles y la Concepción.

Los muestreos manuales implicarán la captación de muestras a las que se le medirán parámetros in situ y de laboratorio que comprenderán análisis fisicoquímicos completos, microbiológicos, biológicos y de pesticidas.

Los parámetros insitu recomendados a medir en cada punto son:

- Temperatura ambiente
- Temperatura del agua
- pH
- Conductividad
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Sólidos Disueltos totales (SDT)
- Color
- Olor
- Apariencia
- Transparencia de Secchi.
- Caudal

El análisis fisicoquímico y microbiológico completo comprenderá los parámetros indicados en la **Tabla 1**.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**
**Tabla 1. Parámetros de laboratorio recomendados a medir en los puntos seleccionados en las subcuencas en estudio y en los Embalses los Laureles y la Concepción.**

Parámetro	Unidades	Método de análisis
Aceites y Grasas	mg/L	ME 5520 D
Alcalinidad Total	mg/L	ME 2320 B
Aluminio	mg/L Al	ME 3500 Al
Amonio	mg/L N-NH <sub>4</sub>	ME 4500 NH <sub>3</sub> B, C
Arsénico	mg/L As	ME 416/3
DBO <sub>5</sub>	mg/L DBO <sub>5</sub>	ME 5210-B
Cadmio	mg/L Cd	ME 241/2 E
Calcio	mg/L Ca	ME 3500 Ca-B
Cobre	mg/L Cu	ME 8506
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	ME 9221 E
Coliformes Totales	NMP/100 ml	ME 9221 B
Color Verdadero	UPtCo	ME 2120 C
Detergente	mg/L LAS	ME 5540 C
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	ME 5220-D
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	ME 2340 C
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub>	ME 4500-P C
Fosforo Total	mg/L P	ME 4500-P C
Hierro	mg/L Fe	ME 3500 Fe-B
Magnesio	mg/L Mg	ME 3500 Mg-B
Manganeso	mg/L Mn	ME 3500 Mn-B
Materia Orgánica	mg/L	ME ISO 8467:1993
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>	ME 4500-NO <sub>3</sub> E
Nitritos	mg/L N-NO <sub>2</sub>	ME 4500 NO <sub>2</sub> B
Nitrógeno Amoniacal	mg/L N-NH <sub>3</sub>	ME 4500-NH <sub>3</sub> B,C
Nitrógeno Total (NTK)	mg/L N	EPA ASN 3512
Plomo	mg/L Pb	ME 241/2 E
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	ME 2540 D
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ME 4500 SIO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Turbiedad	NTU	ME 2130 B
Zinc	mg/L Zn	ME 254/2 E
Coliformes Totales	NMP/100ml	ME 9221 B
Coliformes Fecales	NMP/100ml	ME 9221 E

*Fuente: Elaboración propia.*

En los embalses se realizarán perfiles verticales de Oxígeno Disuelto, pH, potencial redox, temperatura y conductividad en la columna de agua en los tres puntos históricamente monitoreados (cola, centro y cortina), así como también análisis biológicos de:

- Fitoplancton
- Zooplancton
- Macroinvertebrados bentónicos
- Clorofila a.

También se recomienda realizar la captación y análisis de muestras de los sedimentos, los parámetros a medir se resumen en la **Tabla 2**.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**
**Tabla 2. Parámetros recomendados para analizar en los sedimentos**

Análisis	Unidades	Método de Análisis
Aluminio	mg/kg Al	ME 3500 Al
Cobre	mg/kg Cu	ME 8506
Hierro	mg/kg Fe	ME 3500 Fe-B
Materia Orgánica	mg/kg	ME 2540 E
Manganeso	mg/kg Mn	ME 3500 Mn-B
Plomo	mg/kg Pb	ME 241/2 E
Cadmio	mg/kg Cd	ME 241/2 E
Arsénico	mg/kg As	ME 416/3
Zinc	mg/kg Zn	ME 254/2 E
Nitrógeno Total	mg/kg N	EPA ASN 3512
Fósforo Total	mg/kg P	Me 4500-P C

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, es altamente recomendable realizar análisis de pesticidas, los compuestos a analizar deben estar directamente asociados a los principios activos de los productos agrícolas utilizados en la zona de estudio, los cuales fueron identificados durante los relevamientos de campo y se incluyeron en el anexo R1.01 -9 del documento C553-GU2-MD-GE-DC-101.

### 4.3 PUNTOS A MONITOREAR DE FORMA REMOTA

#### 4.3.1 Puntos a monitorear-Subcuenca Guacerique

De manera preliminar, se había previsto la instalación de estaciones de monitoreo en los seis (6) puntos donde se ejecutaron los muestreos, tres (3) puntos ubicados en la subcuenca San José de Río Grande en distintos ríos y en los tres (3) puntos dentro del embalse La Concepción (cola, centro y cortina).

Sin embargo, se ha decidido descartar la implementación de las estaciones de monitoreo en los puntos de la subcuenca. Esto se fundamenta en lo siguiente:

- En reunión sostenida con la UMAPS, sus representantes manifestaron que no es recomendable instalar equipos e instrumentos en puntos tan alejados, porque la zona de estudio presenta elevada vulnerabilidad y riesgo a actos de vandalismo, así como dificultad de acceso en determinadas épocas del año, por ejemplo, en la lluviosa. Fueron enfáticos en que no podrían garantizar la seguridad y custodia de los equipos mientras no se encuentren dentro de sus instalaciones.
- De la consulta realizada a distintas empresas especializadas en la instalación de sistemas de monitoreo remoto, la conclusión fue que, a medida que los puntos se encuentran muy dispersos y alejados, y, en zonas de baja cobertura de telefonía móvil, la transmisión de datos puede presentar dificultades.
- Las estaciones de monitoreo remoto, requieren de un programa de supervisión frecuente para verificar el estado de los sensores (calibración, limpieza, etc), lo que no es factible de garantizar.

No obstante, será primordial establecer un cronograma de monitoreo para la captación y análisis de muestras en los puntos ubicados en la subcuenca, para lo cual se propondrá, dentro del marco

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

de la implementación del laboratorio de limnología (ver detalles en el documento **C553-GU2-MD-CA-DC-703**), el equipamiento adecuado para la ejecución de los muestreos de campo. El cronograma y la frecuencia de monitoreo se presenta con más detalle en el documento **C553-GU2-MD-CA-DC-709**.

En la **Figura 1** se representan gráficamente los puntos a monitorear en la subcuenca Guacerique.

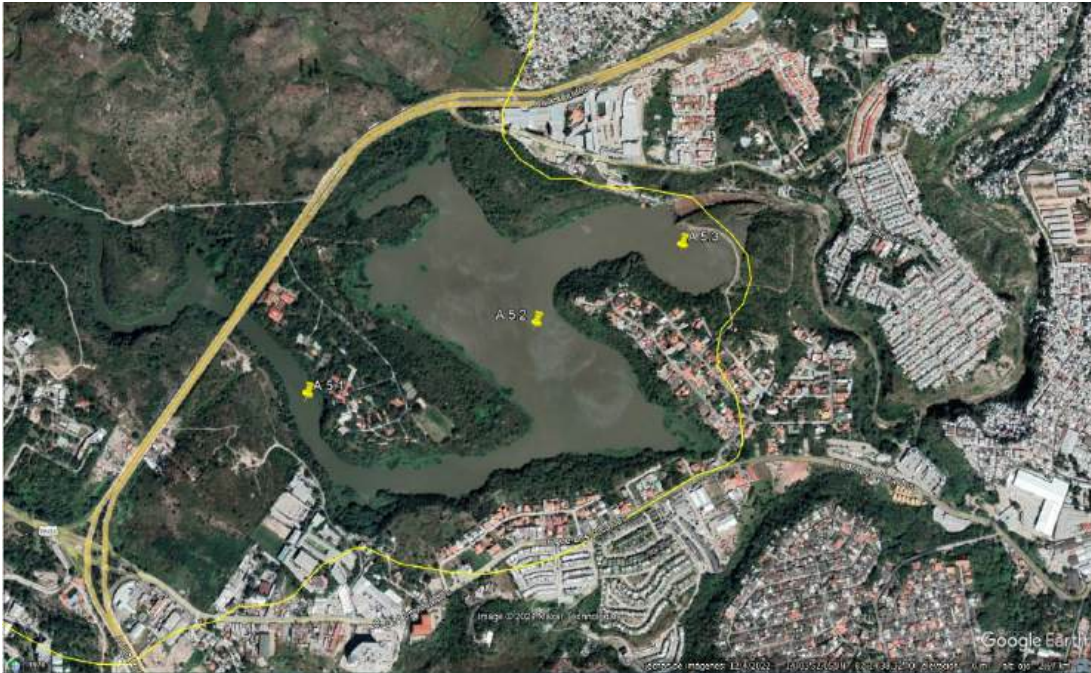


**Figura 1. Ubicación de los puntos a muestrear de forma manual sobre la subcuenca Guacerique**

*Fuente: Elaboración propia*

En referencia a las estaciones de monitoreo remoto, estas se implementarán en los tres (3) puntos dentro del embalse los Laureles (**Figura 2**). De esta manera, en la cola del embalse se podrán detectar cambios bruscos en la calidad del agua que está ingresando, verificar su evolución en el punto centro y tomar las medidas preventivas a que hubiera lugar (alerta temprana) antes de que la alteración sea detectada en la cortina (punto de captación hacia la planta potabilizadora).

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA



**Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo sobre el embalse Los Laureles**

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.3.2 Puntos a monitorear-Subcuenca san José de río grande

Siguiendo el esquema presentado para la subcuenca Guacerique, también de manera preliminar, se había previsto la instalación de estaciones de monitoreo en los siete (7) puntos donde se ejecutaron los muestreos, cuatro (4) puntos ubicados en la subcuenca San José de Río Grande en distintos ríos y en los tres (3) puntos dentro del embalse La Concepción (cola, centro y cortina).

Sin embargo, se ha decidido descartar la implementación de las estaciones de monitoreo en los puntos de la subcuenca, por las razones ya descritas anteriormente y se reafirma que será primordial establecer un cronograma de monitoreo para la captación y análisis de muestras en estos puntos.

En este sentido, en la **Figura 3** se puede apreciar la ubicación de los puntos de monitoreo en la subcuenca.



**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**
**4.4 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS**

El uso de sensores multiparamétricos es fundamental para obtener una visión comprensiva y precisa de la calidad del agua en una subcuenca. Estos dispositivos permiten el monitoreo continuo, remoto y en tiempo real de diversos parámetros, facilitando la detección temprana de contaminantes y la gestión eficiente de los recursos hídricos. Dentro de las características más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la tecnología están:

- Multifuncionalidad: Capacidad para medir varios parámetros con un solo dispositivo.
- Robustez y Durabilidad: debe estar capacitado para operar en condiciones ambientales difíciles.
- Transmisión de Datos en Tiempo Real: debe Incorporar tecnología de comunicación para enviar datos a sistemas centrales, por ejemplo, servidores a los cuales se puede acceder desde un computador o teléfono móvil.
- Calibración y Mantenimiento: los instrumentos deben ser fáciles de calibrar y mantener, asegurando la precisión de las mediciones.
- Almacenamiento de Datos: Tendrá capacidad de almacenar datos localmente y transmitirlos periódicamente.

**4.5 DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO**

El sistema de monitoreo estará conformado por:

- a. Sonda multiparamétrica para instalación en campo.
- b. Boya/balsa para instalación de la sonda multiparamétrica y demás equipos requeridos.
- c. Dispositivo de telemetría.
- d. Dispositivo de comunicación inalámbrica
- e. Cables varios
- f. Software de manejo de datos.

**4.5.1 Sensores**

Se ha previsto la instalación de un instrumento que admite siete (7) sensores de tipo húmedo y un limpiador para mantener limpias las caras de los sensores. Las características principales de los sensores se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Características generales de los sensores a instalar en cada punto de monitoreo remoto.**

Sensores	Tiempo de vida útil	Frecuencia de calibración	Profundidad utilizable (m)	Metodología
Temperatura	Mínimo 2 años	No requiere	250	EPA 170.1
pH/ORP	Mínimo 2 años	entre 10 a 12 semanas	250	Std. Methods 4500- H+/EPA 150.2/Std. Methods 2580

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Conductividad	Mínimo 2 años	Sólo si presenta inconsistencia en la medida	250	Std. Methods 2510/ EPA 120.1 ±1,400 mV
Oxígeno Disuelto	Mínimo 2 años	12 meses	250	Métodos In-Situ aprobados por la EPA (en el marco del procedimiento de prueba alternativo): 1002-8- 2009, 1003-8-2009, 1004-8-2009
Nitrato	entre 6 y 12 meses	Mensual	25	Std. Methods 4500 NO3- D
Clorifila a	Mínimo 2 años	Sólo si presenta inconsistencia en la medida	250	Por Fluorescencia
Ficocianina	Mínimo 2 años	Sólo si presenta inconsistencia en la medida	250	Por Fluorescencia

*Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de un catálogo de proveedores.*

La Clorofila a y la Ficocianina son parámetros que se obtienen por derivación de la medición de la fluorescencia relativa, los factores de escala para estos parámetros son específicos de cada lugar donde el equipo este instalado, por lo que, al inicio de la puesta en marcha del sistema, deben realizarse análisis de laboratorio y a partir de allí determinar la correlación, la cual podrá ser ajustada en la programación del instrumento.

A modo ilustrativo, en la **Figura 5** se muestra una imagen de los puertos de instalación de los sensores previamente mencionados en un instrumento multiparamétrico.



**Figura 5. Imagen de puerto de ubicación de los sensores dentro del instrumento multiparamétrico.**

*Fuente: tomado de catálogo de proveedor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> <https://in-situ.com/es/products/remote-monitoring/buoys>

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA****4.5.2 Dispositivo de Telemetría**

Este dispositivo es el puente de comunicación entre el instrumento y el sistema central de recepción de los datos que se miden continuamente.

Funcionará para aportar energía a los instrumentos de monitoreo, transmitir los datos a una nube o servidor externo y notificar cuando es necesario realizar algún mantenimiento, contará con una antena de telefonía móvil para reforzar la conectividad.

**4.5.3 Dispositivo de comunicación inalámbrica**

Adicional al dispositivo de telemetría, el sistema deberá contar con un dispositivo de comunicación inalámbrica que permita en los casos de inspecciones in situ, la transferencia de datos entre el instrumento y la aplicación para manejo y reporte de datos (por medio de un cable USB), también contará con la posibilidad de conectarse utilizando bluetooth.

Al conectarse, se podrá acceder a toda la información que se esté generando. En la pantalla del dispositivo conectado, aparecerá un menú con variedad de opciones, tales como: calibración, lecturas en tiempo real, ajustes de reloj y de la telemetría, etc.

**4.5.4 Boyas o balsas flotantes**

Para la instalación del instrumento multiparamétrico se requiere una boya o balsa, cuya función es proteger el equipo, la balsa será ajustable y fácilmente transportable, se compone de:

- Un (1) cuerpo principal.
- Pozo para albergar el instrumento.
- Material de amarre para conectar la boya al ancla o cabo de amarre.
- Repisa o base para el instrumento, separa el hardware de amarre del pozo y protege los instrumentos que se encuentran en el interior del pozo
- Flotador: resistente a daños, debe garantizar estabilidad en el despliegue y transporte.
- Sistema o correa de elevación, para bajar o sacar la boya del agua
- Tapa del pozo, protege el instrumento y sirve de soporte para el dispositivo de telemetría.

En la **Figura 6** se presentan imágenes ilustrativas de una boya utilizada para la instalación de un multiparámetro.

#### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA



**Figura 6. Imagen de boya tipo para instalación del instrumento multiparamétrico.**

*Fuente: tomado de catálogo de proveedor<sup>2</sup>*

La boya debe estar construida en materiales resistentes a ambientes extremos y a los rayos UV, podrá ajustarse la profundidad de despliegue y recolectar datos a múltiples profundidades con una sola plataforma.

#### 4.5.5 Software

El sistema se completa con una aplicación de gestión de datos que se ejecute a través de navegadores.

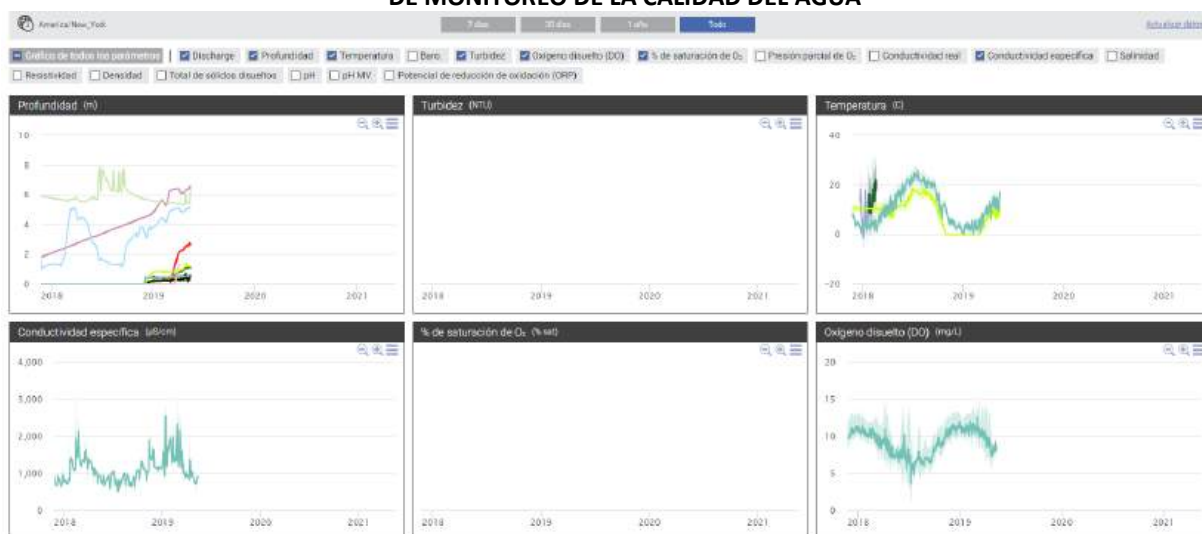
La interfaz debe ser simple, que permita la gestión de instrumentos múltiples desde cualquier lugar y en cualquier momento, la visualización de datos desde varias ubicaciones, permitirá la configuración de múltiples parámetros y alarmas.

EL software utilizará el GPS del dispositivo de telemetría instalado en las estaciones de monitoreo, para localizar y marcar dispositivos automáticamente en mapas, sincronizar dispositivos y ubicaciones, aumentar la calidad de los datos y facilitar el seguimiento de las boyas que flotan libremente.

En la **Figura 7** se presenta una imagen ilustrativa de la pantalla tipo de un software de gestión de datos.

<sup>2</sup> <https://in-situ.com/es/products/remote-monitoring/buoys>

### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA



**Figura 7. Imagen referencia de pantalla de software de manejo de datos.**

*Fuente: tomado de catálogo de proveedor<sup>2</sup>*

El software deberá incluir la programación de alarmas, que como mínimo notifiquen cuando las baterías de los instrumentos se están agotando, cuando un parámetro supera un límite establecido o se producen otros eventos en una de las estaciones de monitoreo remoto.

Por ejemplo, al medir Clorofila a, se podrán programar los niveles de alerta de la OMS:

- Nivel de Alerta 1: Presencia de cianobacterias  $\geq 2.000$  células/ml o clorofila-a  $\geq 1,0$   $\mu\text{g/L}$ .
- Nivel de Alerta 2: Presencia de cianobacterias  $\geq 100.000$  células/ml o clorofila-a  $\geq 50$   $\mu\text{g/L}$ .
- Nivel de Alerta 3: Florecimientos masivos de cianobacterias visibles, a menudo acompañados de alta biomasa y potencial presencia de cianotoxinas.

#### 4.5.6 Mantenimiento Preventivo y Calibración

Para asegurar un adecuado desempeño del sistema y una lectura correcta de los parámetros que se miden, es imprescindible establecer programas de mantenimiento regular, que incluye la calibración de los sensores.

La frecuencia de calibración dependerá de las condiciones específicas de cada estación de monitoreo y de la periodicidad con que se han programado el envío de las lecturas, es decir, si se envían lecturas cada hora del día, la frecuencia de calibración será mayor al caso en que, por ejemplo, las lecturas se programen tres (3) veces por día, lo mismo aplica para la vida útil del instrumento y para la duración de las baterías. En todo caso, las frecuencias mínimas se presentaron previamente en la **Tabla 3**.

Para obtener los mejores resultados, los proveedores de este tipo de sistemas recomiendan que el instrumento y los sensores sean enviados a mantenimiento y calibración de fábrica cada 12 a 18 meses.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA****4.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados de los muestreos que se ejecuten y los datos que continuamente se transmitan desde las estaciones de monitoreo remoto, deben ser evaluados en conformidad con los objetivos trazados y tomando en consideración las normativas y regulaciones locales e internacionales.

Para el caso del monitoreo en las subcuencas y los embalses en estudio, no existe una normativa local que regule o clasifique la calidad del agua de origen natural. Sin embargo, dado que los Embalses sirven de abastecimiento a las plantas potabilizadoras los Laureles y la Concepción, y que, además, las localidades que hacen vida en las subcuencas se abastecen de los distintos tributarios, se deben tener en consideración los valores recomendables y máximos admisibles establecidos en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable-Acuerdo Ejecutivo N°084 del 31 de Julio de 1995.

Así mismo, por la condición trófica en que se encuentran los embalses, se deben tener cuenta los niveles de alerta de la OMS que se mencionaron en la sesión anterior.

También deben ser objeto de consulta para la evaluación y análisis de los resultados, lo siguiente:

- Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento. Decreto N° 118-2003.
- Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario. Acuerdo ejecutivo N° 008. Publicación de fecha 09 de abril de 1.996.
- Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, acuerdo ejecutivo N° 008-2015. Gaceta N° 33.824, de fecha 14 de septiembre de 2015.
- Reglamento Nacional de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales, publicado según acuerdo ejecutivo N° 003-2020, en fecha 13 de mayo de 2021.

Para la clasificación de la calidad de los cuerpos de agua natural, se sugiere tener en cuenta referencias internacionales como:

- Normas Venezolanas para la Clasificación y el Control de la calidad de los Cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883, de fecha 11 de octubre de 1995.
- Libro Blanco del Agua en España. Ministerio de Medio Ambiente-Secretaría de Estado de Aguas y Costas-Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Año 2000.
- CCME. 1999. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Ministers of the Environment. Excerpt from Publication No. 1299; ISBN 1-896997-34-1
- Demayo, A. y Taylor, M.C. 1981. Copper. In Guidelines for Surface Water Quality. Vol. 1. Inorganic Chemical Substances. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa.
- Margalef, R. 1969. El concepto de polución en Limnología y sus indicadores biológicos. Documentos de investigación hidrobiológicas, 7: 105 – 133.
- USEPA. 1973. Water Quality Criteria 1972. Environmental Studies Board, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA-R3-73-033.

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

- USEPA. 1976. Quality Criteria for Water. Office of Water Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA-440/9-76/023.

##### **4.6.1 Gestión de los datos, visualización y reportes**

Tal como ya fue indicado, la gestión de datos del sistema de monitoreo remoto se realizará mediante un software que se ejecutará a través de navegadores, donde la interfaz deberá ser simple y permitirá la configuración de distintos parámetros y alarmas, establecer de forma gráfica tendencias y comportamientos, entre otros.

En cuanto a la gestión de los datos de los muestreos manuales, una vez recopilados los datos tomados en campo y en el laboratorio, es recomendable que los mismos sean reportados en tablas y gráficos, en las cuales se comparen los resultados con las normas locales e internacionales ya mencionadas en la sesión anterior.

Es recomendable, además de elaborar tablas y datos comparativos con los valores establecidos en las normas, realizar cálculos de indicadores e índices como:

- Índices de Contaminación
- Índices de Calidad del Agua
- Índices de Estado Tráfico
- Índices de Calidad Biológica.

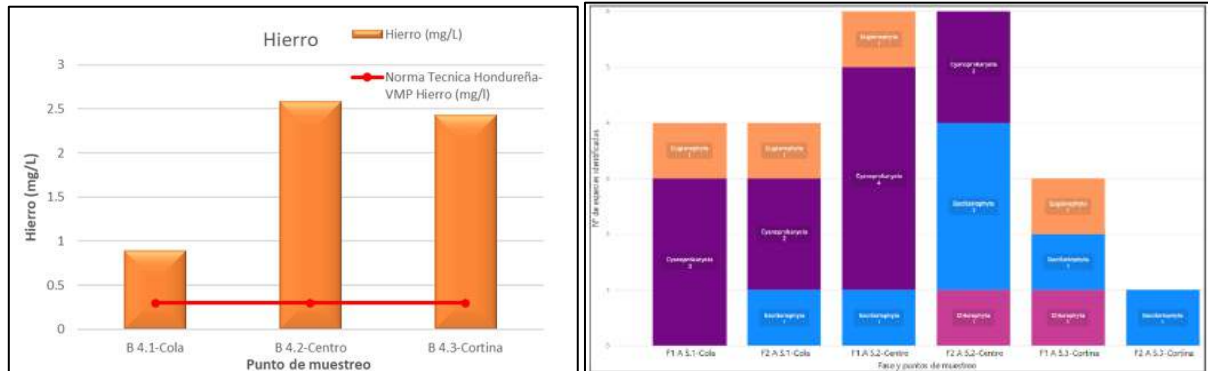
Los índices anteriores permiten agrupar parámetros y establecer tendencias objetivas y concluyentes.

Para el manejo de los datos es recomendable el uso de herramientas como Excel, Power BI, entre otras, con las cuales se pueden realizar análisis estadísticos para calcular promedios, medias, desviaciones estándar, etc, que permitirán identificar tendencias y patrones en los datos.

También, la elaboración de mapas con herramientas como ArcGIS, QGIS o Google Maps son recomendables. En las figuras siguientes se presentan imágenes ilustrativas de las formas de presentar datos y resultados.

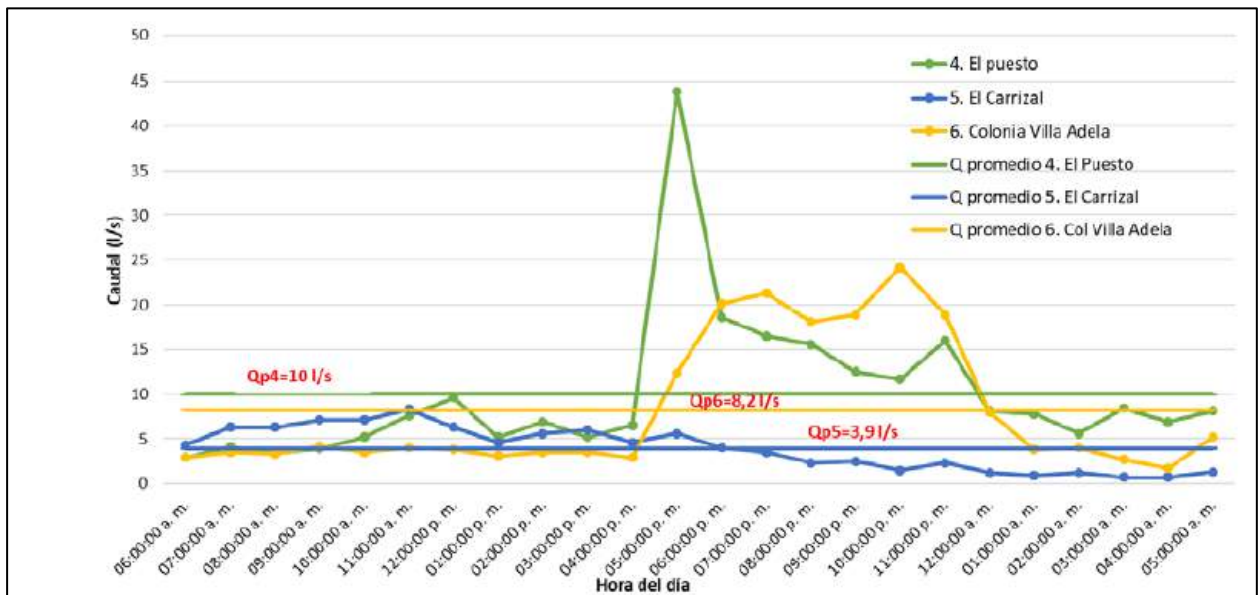
“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**



**Figura 8. Imágenes referenciales para el reporte de resultados de muestreos de calidad del agua**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9. Imagen referencial para el reporte de muestreo de caudales**

Fuente: Elaboración propia.

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

### R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

ANÁLISIS	RESULTADOS			CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE <sup>1</sup>	MÉTODO DE ANALISIS
	Punto 1. Anillo Periférico	Punto 2. Aguas arriba Texaco	Punto 3. Cementerio Santa Anita		
Aceites y grasas (puntual) ** (mg/l)	74	177.5	150.4	10	ME 5520 D
Acidez ** (mg/l)	182.6	182.6	96.1	-	ME 2310 B
Alcalinidad total ** (mg/l)	400	396	240	-	ME 2320 B
Cloruros ** (mg/l)	105.7	101.9	54.3	-	ME 4500-CI B
Cobre ** (mg/l Cu)	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	ME 8506
Conductividad ** (µS/cm)	1418 (24.9 °C)	1375 (24 °C)	834 (24.1 °C)	-	ME 2510 B
DBO5 * (mg DBO/l)	535.1	499.2	215.1	50	ME 5210-D
DQO * (mg O <sub>2</sub> /l)	1218.5	1592.5	614.4	200	ME 5220-D
Detergente ** (mg LAS/l)	2.12	1.94	2.25	2	ME 5540 C
Dureza total ** (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	142.7	110.6	122.6	-	ME 2340 C
Dureza de calcio ** (mg/l)	88.4	78.4	60.3	-	ME 2340 C
Nitratos ** (mg N-NO <sub>3</sub> /l)	<0.22	<0.22	<0.22	-	ME 4500-NO3 E
Nitritos ** (mg N-NO <sub>2</sub> /l)	<0.003	<0.003	<0.003	-	ME 4500-NO2 B
Nitrógeno amoniacal ** (mg N-NH <sub>3</sub> /l)	59	95.5	42.1	20	ME 4500-NH3 B,C
Nitrógeno total (NTK) ** (mg N/l)	87.6	140.8	60.99	30	EPA ASN 3512
Fosfatos ** (mg PO <sub>4</sub> /l)	35.3	46.2	17.9	-	ME 4500-P C
pH (puntual) * (Unidades de pH)	7.28 (24.9°C)	8.31 (24.6°C)	7.92 (24.6°C)	6.00-9.00	ME 4500-H B
Sólidos sedimentables * (ml/l)	<0,5	10	4	1	ME 2540 F
Sólidos suspendidos totales * (mg/l)	256	728	306	100	ME 2540 D
Sólidos suspendidos volátiles ** (mg/l)	252	558	210.5	-	ME 2540 E
Sólidos totales * (mg/l)	1050	1400,7	806	-	ME 2540 B
Sólidos totales disueltos * (mg/l)	698	680	502	-	ME 2540 C
Sulfatos ** (mg SO <sub>4</sub> 2/l)	93.5	77.5	73.2	400	ME 4500-SO42-E
Turbiedad ** (NTU)	356	753	251	-	ME 2130 B
Plomo ** (mg Pb/l)	0.018	0.0012	0.0012	0.5	ME 241/2 E
Cadmio ** (mg Cd/l)	0.00014	0.000043	0.00003	0.05	ME 241/2 E
Coliformes totales (puntual) * (NMP/100 ml)	9.2X10 <sup>7</sup>	9.2X10 <sup>7</sup>	1.6X10 <sup>5</sup>	-	ME 9221 B
Coliformes termotolerantes (puntual) ** (NMP/100 ml)	3.5X10 <sup>7</sup>	3.5X10 <sup>7</sup>	2.2X10 <sup>4</sup>	5000	ME 9221 E

<sup>1</sup> Norma Técnica Nacional para Descarga de Agua Residual en cuerpos Receptores”. Republica de Honduras

**Figura 10. Imagen referencial de tabla reporte con resultados de muestreos de calidad del agua y su correspondiente comparativa con la norma de aplicación**

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.7 OPCIONES DE FINANCIAMIENTO PARA LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE MONITOREO

Organismos internacionales tales como el Grupo Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo-BID, entre otros, se constituyen como entidades con posibilidad de servir como fuentes de financiamiento a proyectos que permitan mejorar las condiciones actuales de las subcuencas y un manejo adecuado a futuro, dentro de los cuales se enmarca perfectamente la presente propuesta.

Para obtener financiamiento, en primer lugar, se deberá elaborar el proyecto detallado, y, una vez aprobado, los entes encargados de la gestión de la subcuenca (UMAPS) deberá presentar el proyecto con el listado completo del equipamiento e instrumentación ante la AMDC, para que, a través de la Unidad de Control de Proyectos (UCP) se gestionen los recursos para su adquisición, instalación y puesta en marcha.

Sobre la base del proyecto aprobado, se deberán elaborar los Términos de Referencia (TdR) correspondientes, los cuales se someterán a un proceso de licitación y posterior adjudicación.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

La empresa adjudicada, tendrá la responsabilidad de la adquisición instalación y puesta en marcha del sistema de monitoreo.

#### **4.8 BENEFICIOS ESPERADOS**

Los beneficios que se esperan obtener con la implementación de un sistema de monitoreo de la calidad del agua en las subcuencas en estudio son múltiples y abarcan aspectos ambientales sociales y económicos, dentro de los más importantes se pueden mencionar:

- Identificación y reducción de contaminantes.
- Conservación de especies acuáticas y su hábitat.
- Protección de la salud de la población que habita en las subcuencas.
- Reducción del riesgo de eventos contaminantes producto de las posibles descargas de aguas residuales domésticas y/o industriales.
- Mejora de la calidad del agua de los cuerpos hídricos que forman parte de las subcuencas, incluyendo los embalses los Laureles y la Concepción.
- Reducción de los costos asociados a la potabilización del agua, ya que se podrán tomar decisiones informadas sobre la base de datos precisos.
- Mejoras en la planificación, ya que se tendrá disponible información para la planificación y desarrollo de infraestructura.
- Verificación del cumplimiento de normas y regulaciones locales, nacionales e internacionales
- Transparencia y rendición de cuentas, mediante la información que se genera, la cual servirá para la toma de decisiones y deberá estar disponible para el acceso público.

#### **4.9 CONCLUSIONES**

- Para el monitoreo en las subcuencas se implementará un cronograma de muestreo sistemático, que obedecerá a un plan anual de captación de muestras, con una frecuencia trimestral, donde se medirán parámetros in situ (temperatura ambiente y del agua, pH, potencial redox, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Disueltos Totales, olor, color, apariencia), se captarán muestras para laboratorio para realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos completos (ver
- **Tabla 1**), y, adicionalmente, se realizarán análisis de sedimentos y de plaguicidas.
- El Monitoreo en los embalses obedecerá a un plan anual de captación de muestras manuales, con una frecuencia mensual (en los puntos cola, centro y cortina), donde se medirán:
  - Parámetros in situ (temperatura ambiente y del agua, pH, potencial redox, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Solidos Disueltos Totales, olor, color, apariencia y transparencia de Secchi).

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - PROPUESTA BÁSICA PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

- Se realizarán perfiles de Oxígeno Disuelto, pH, potencial redox, temperatura y conductividad en la columna de agua.
  - Se captarán muestras para laboratorio para realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos completos (ver
  - **Tabla 1**), así como también análisis de fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados y clorofila a.
  - Se recomienda realizar análisis de plaguicidas al menos y captación y análisis de muestras de sedimentos.
- 
- En los embalses los Laureles y la Concepción se implementará un sistema de monitoreo remoto, con transmisión de datos en tiempo real, donde se midan los siguientes parámetros: pH/ORP, temperatura, conductividad eléctrica y Sólidos Disueltos Totales (por derivación de la conductividad), Oxígeno Disuelto (OD), Nitratos, Clorofila a (por fluorescencia) y Ficocianina (por fluorescencia). Las estaciones de monitoreo se ubicarán en los puntos centro, cola y cortina.
  - Organismos internacionales tales como el Grupo Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo-BID, entre otros, se pueden constituir como posibles fuentes de financiamiento para la implementación y puesta en funcionamiento de un sistema de monitoreo de la calidad del agua en las subcuencas en estudio.
  - La implementación de un sistema de monitoreo de la calidad del agua en las subcuencas en estudio traerá asociados beneficios ambientales, económicos y sociales.



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE  
Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES**

**C553-GU2-MD-CA-DC-505**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**



**PLANILLA – INFORME DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES**

<b>FECHA DE LA FIRMA DE CONTRATO</b>	26/01/2024
<b>ORDEN DE INICIO</b>	15/02/2024
<b>FECHA DE ENTREGA</b>	21/10/24 REV 02
<b>LOCALIDAD</b>	SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS
<b>TAREAS DESARROLLADAS</b>	SE IDENTIFICARON LAS PRINCIPALES FUENTES CONTAMINANTES EN LAS SUBCUENCAS EN ESTUDIO, ASÍ COMO TAMBIÉN LOS PARÁMETROS CONTAMINANTES.  SOBRE LA BASE DE LAS FUENTES Y PARÁMETROS CONTAMINANTES DETECTADOS, SE ELABORARON LOS DIAGRAMAS DE PARETO.



“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ALCANCE</b> .....	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. SÍNTESIS DE PROBLEMAS DETECTADOS</b> .....	<b>5</b>
<b>5. JERARQUIZACIÓN DE PROBLEMAS-EFECTOS</b> .....	<b>5</b>
<b>5.1. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1.1. Diagrama de Pareto Subcuenca Guacerique</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1.2. Diagrama de Pareto Sub cuenca San José de Río Grande</b> .....	<b>8</b>
<b>5.2. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2.1. Diagrama de Pareto Subcuenca Guacerique y Embalse Los Laureles</b> .....	<b>11</b>
<b>5.2.2. Diagrama de Pareto Sub cuenca San José de Río Grande y Embalse Concepción</b> .....	<b>13</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>14</b>

**TABLAS**

<b>Tabla 1. Escala de valoración para los problemas detectados.</b> .....	<b>7</b>
<b>Tabla 2. Criterios para elaboración de Diagramas de Pareto con los parámetros de Calidad del Agua.</b> .....	<b>10</b>

**FIGURAS**

<b>Figura 1. Ejemplo de Diagrama de Pareto para jerarquización de problemas.</b> .....	<b>6</b>
<b>Figura 2. Diagrama de Pareto para la Subcuenca Guacerique con problemas detectados.</b> .....	<b>8</b>
<b>Figura 3. Diagrama de Pareto para la Subcuenca San José de Río Grande con problemas detectados.</b> .....	<b>9</b>
<b>Figura 4. Diagrama de Pareto para la Subcuenca Guacerique con parámetros de Calidad del Agua.</b> .....	<b>11</b>
<b>Figura 5. Diagrama de Pareto para el embalse los Laureles con parámetros de Calidad del Agua.</b> .....	<b>12</b>
<b>Figura 6. Diagrama de Pareto para la Subcuenca San José de Río Grande con parámetros de Calidad del Agua.</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 7. Diagrama de Pareto para el embalse la Concepción con parámetros de Calidad del Agua.</b> .....	<b>14</b>

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.****1. INTRODUCCIÓN**

Con el fin de fortalecer el proceso de transferencia del sistema de agua y alcantarillado sanitario para la ciudad de Tegucigalpa, el Gobierno de Honduras, junto con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) y el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), han creado el Proyecto "Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa".

El Proyecto propuesto constituirá la primera fase de un programa a largo plazo para respaldar la implementación de la Ley Marco y la mejora de los servicios de AAS en la capital de la nación de una manera financiera y ambientalmente sostenible. Para este fin, apoyará el establecimiento de un nuevo proveedor de servicios municipal en Tegucigalpa, llamado Unidad Municipal de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Central (UMAPS) y se enfocará en resolver problemas críticos en los sistemas de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AAS) de la ciudad.

En el desarrollo del proyecto se ejecuta la presente consultoría, que tiene como objeto evaluar a las subcuencas del río Guacerique y San José Río Grande a nivel de los distintos tipos de contaminación (por agentes fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos), debido a que estas subcuencas drenan en los embalses principales que abastecen de agua a las plantas potabilizadoras los Laureles y la Concepción para su tratamiento y distribución al Distrito Central.

Del procesamiento y análisis de los relevamientos realizados y los muestreos ejecutados por esta consultoría, se determinaron las principales fuentes contaminantes. Se clasificaron como contaminación de tipo sólido y contaminación por efluentes y descargas líquidas.

La presencia de estas fuentes contaminantes, la dinámica intrínseca en los Embalses, unida a inexistencia o debilidades en la gestión y control sobre agua y saneamiento en ambas subcuencas son problemas identificados y desarrollados en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-503.

En este Informe se presenta el análisis de Pareto, realizado sobre los principales problemas identificados y también sobre los parámetros que inciden significativamente en los índices de contaminación, en correspondencia con lo solicitado en los Términos de Referencia.

**2. ALCANCE**

El sistema a desarrollar es el especificado en los términos de referencia (TdR), correspondientes a la **"CONSULTORÍA ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE" DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS)**, la cual forma parte del Proyecto "Fortalecimiento de los Servicios de Agua Potable en Tegucigalpa", Componente 2, Subcomponente 2.3: "Desarrollar herramientas para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas y la resiliencia climática", específicamente lo relativo al "Apoyo en el diseño de una red de monitoreo de la calidad de las aguas en las subcuencas de Guacerique y San José de Río Grande"; éste se concretará con mayor detalle lo relativo a la mejora de la calidad de las aguas residuales y desechos sólidos.

Los trabajos de esta consultoría se dividen en tres (3) líneas o resultados: (i) el diseño de soluciones de mejora de la calidad del agua servida; (ii) diseño e implementación de una red de monitoreo de la calidad del agua; y (iii) proponer lineamientos para fortalecer la parte: legal, institucional y social en torno a la problemática de la calidad del agua.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.****3. OBJETIVO**

El presente documento contiene el desarrollo de la **Actividad R1.04. Definición de problemas**, cuyo objetivo es definir los problemas y causas principales en relación con la calidad del agua en las dos subcuencas de estudio; y validarlas de acuerdo a un análisis de impactos en diferentes áreas. Específicamente se presenta la **identificación de fuentes contaminantes** y el **Análisis de Pareto**, realizado sobre los principales problemas identificados y también sobre los parámetros que inciden significativamente en los índices de contaminación.

**4. SÍNTESIS DE PROBLEMAS DETECTADOS.**

En el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-503, se detallaron los principales problemas identificados en las Subcuencas, y que son los responsables del deterioro de la calidad de agua de los Embalses.

La contaminación por descargas residuales urbanas e industriales, el enriquecimiento en nutrientes producto de la actividad agrícola, el riesgo de contaminación por sustancias químicas utilizadas en la actividad propia de las zonas en estudio y la existencia de instalaciones que vuelcan a los tributarios/ suelo de la subcuenca Guacerique, sin control (IM y fabriles), se encuadran en el problema identificado en contaminación del agua a los respectivos Embalses.

Se ha considerado importante ubicar la causa Contaminación por la Dinámica propia de los Embalses como un problema independiente, si bien existe una relación íntima causa- efecto entre ambos problemas, ya que los resultados obtenidos avalan esta decisión.

A su vez la ausencia de gestión y de estructuras dedicadas también están reflejadas en las causas principales y/o en las subcausas.

En este Informe se presenta el análisis de Pareto, realizado sobre los principales problemas identificados y también sobre los parámetros que inciden significativamente en los índices de contaminación.

**5. JERARQUIZACIÓN DE PROBLEMAS-EFECTOS**

En los estudios de control de calidad o análisis de procesos, especialmente los de tipo diagnóstico, se requiere la utilización de herramientas de análisis, que permitan consolidar la información, identificando con ellas, los puntos críticos que están influenciando o causando un problema previamente definido. La organización adecuada de la información garantiza el planteamiento de acciones preventivas y correctivas tendientes a producir mejoras en el proceso, dos (02) de los métodos más utilizados son, el Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) que se detalló en el Informe C553-GU2-MD-CA-DC-503 y el Principio de Pareto que se desarrolla en este Informe.

Estos métodos serán aplicados al área de estudio, con la idea de definir cuáles de los problemas identificados influyen en mayor o menor proporción en el deterioro de la calidad del agua de los embalses.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

**5.1. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO DE LOS PROBLEMAS DETECTADOS**

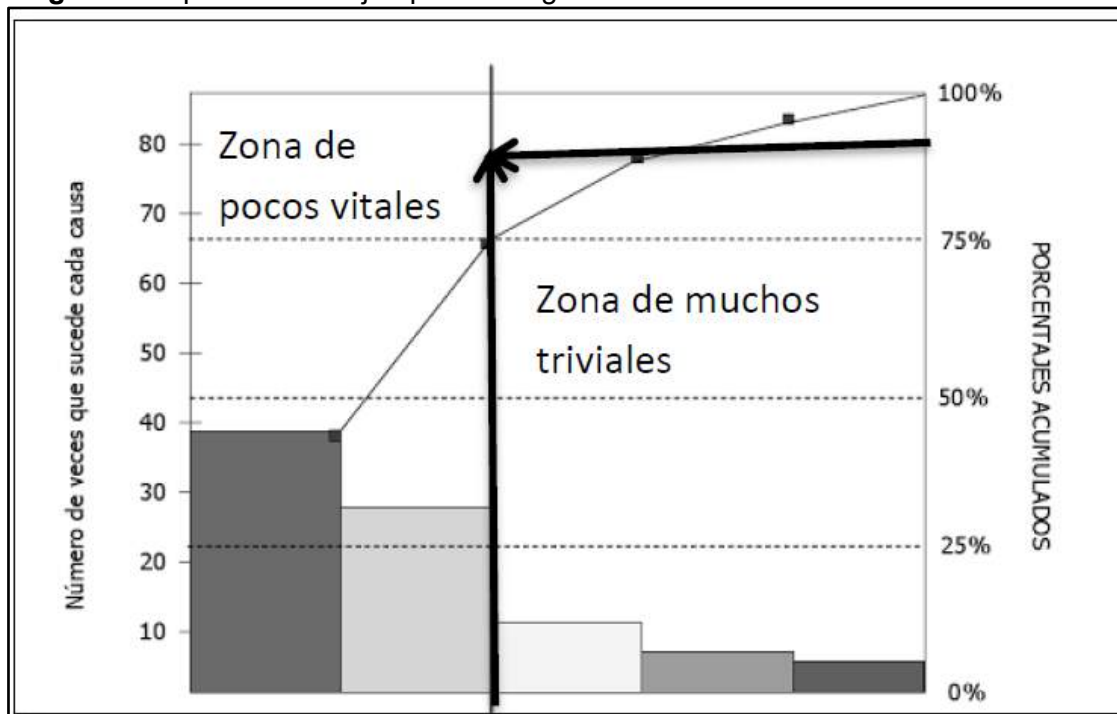
**5.1.1. Diagrama de Pareto Subcuenca Guacerique**

El diagrama de Pareto es un método gráfico que permite definir los problemas más importantes en una determinada situación, y, por consiguiente, las prioridades de intervención; también se conoce como diagrama 20-80, cuya interpretación es que, al solventar el 20 % de las causas, se resuelve el 80 % de la problemática estudiada, también se interpreta como que permite identificar cuáles de las causas son las que tienen mayor influencia (80%) en el problema que se estudia.

La aplicación del Principio de Pareto se hace por medio de la construcción de un histograma y su correspondiente acumulado, diversos autores recomiendan para su construcción los siguientes pasos (Fleitman, 2007) (Sánchez, Ilzarbe, & Dueñas, 2006):

- Se elabora una tabla con los problemas o soluciones ordenados de mayor a menor importancia, incluyendo una columna que contenga el valor acumulado de las relevancias.
- Se trazan dos ejes, colocando en el eje horizontal los problemas o soluciones y en los ejes verticales, el histograma de frecuencia y el acumulado de la misma.
- Se verifica el punto de corte del 80 % de la frecuencia acumulada con los problema o propuestas del eje de las X.

En la **Figura 1** se presenta un ejemplo de Diagrama de Pareto.



**Figura 1. Ejemplo de Diagrama de Pareto para jerarquización de problemas.**

Fuente: Tomado y modificado de (Miranda, Chamorro, & Rubio, 2007)

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

Para la elaboración del diagrama de Pareto para la subcuenca Guacerique se realizó una lista de los problemas identificados y para darles un orden de prioridad se procedió a aplicar la escala que se resume en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Escala de valoración para los problemas detectados.**

Calificación del problema	Descripción
1	El problema o causa detectada influye poco en el problema global
2	El problema o causa detectada influye medianamente en el problema global
3	El problema o causa detectada influye de forma importante en el problema global

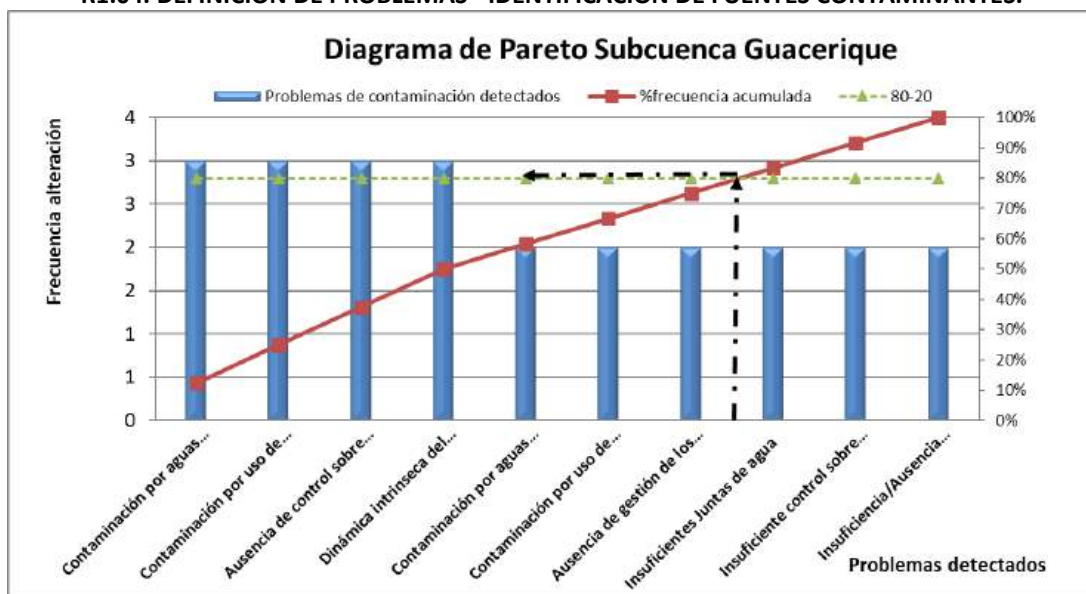
*Fuente: elaboración propia.*

Se listan a continuación las Causas/Problemas Principales que se indican en el Diagrama:

- Contaminación por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento
- Contaminación por descargas de aguas residuales industriales sin tratamiento
- Aporte de nutrientes por el uso de fertilizantes agrícolas
- Riesgo de contaminación por el uso de pesticidas
- Dinámica intrínseca en los Embalses
- Insuficiencia de Juntas de Agua-(JJAA')
- Insuficiencia de control sobre las Juntas de Agua-(JJAA')
- Ausencia de gestión de los desechos sólidos
- Ausencia de control sobre las Instalaciones Militares e industrias
- Insuficiencia/ausencia en la Gestión del Consejo de subcuencas

Con la idea de realizar un análisis objetivo en la jerarquización de los problemas, la escala mencionada fue aplicada de forma independiente por cuatro (4) expertos de la consultora que han estado participando de forma activa en el desarrollo del proyecto. Con los resultados obtenidos de cada uno, se calculó el promedio, valor con el cual los problemas fueron ordenados de mayor a menor y se procedió a elaborar el diagrama de Pareto. El resultado obtenido se presenta en la **Figura 2**.

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**



**Figura 2. Diagrama de Pareto para la Subcuenca Guacerique con problemas detectados.**

*Fuente: Elaboración propia.*

Como se visualiza en el diagrama, las causas con mayor incidencia son atribuibles a:

- ✓ Contaminación por aguas residuales domésticas
- ✓ Contaminación por uso de productos fertilizantes agrícolas
- ✓ Ausencia de control sobre las instalaciones militares e industriales
- ✓ Dinámica intrínseca del embalse

Las que seguidas de:

- ✓ Contaminación por aguas residuales industriales
- ✓ Contaminación por uso de productos pesticidas/herbicidas
- ✓ Ausencia de gestión de los desechos sólidos

Conducen a identificar las causas que tienen mayor influencia (80%) en la calidad del agua del Embalse Los Laureles.

**5.1.2. Diagrama de Pareto Sub cuenca San José de Río Grande**

De la misma manera que para la subcuenca Guacerique, se elaboró el diagrama de Pareto siguiendo las metodologías descritas.

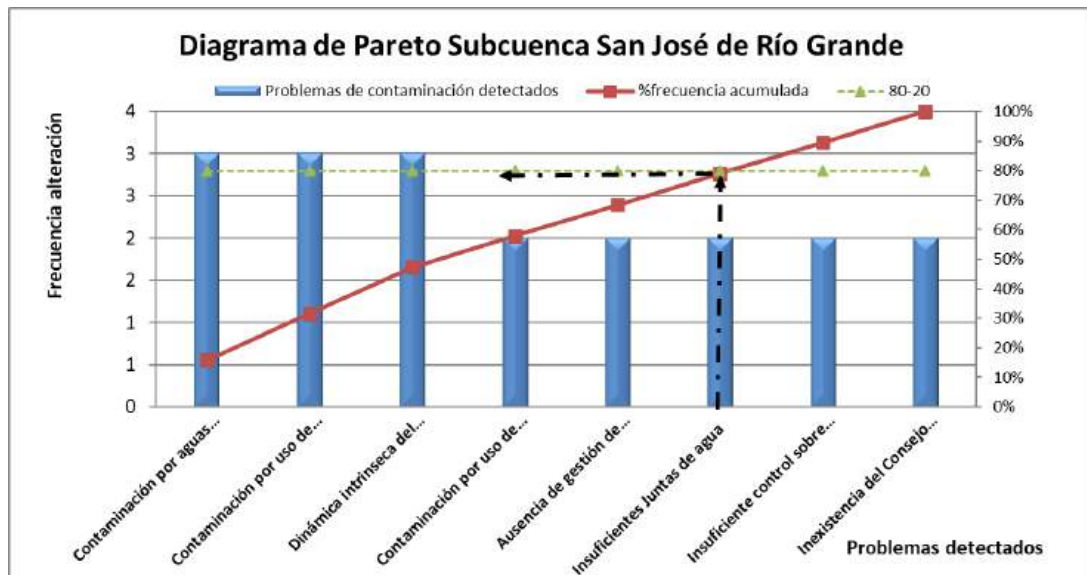
Se listan a continuación las Causas/Problemas Principales que se indican en el Diagrama:

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

- Contaminación por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento
- Aporte de nutrientes por el uso de fertilizantes agrícolas
- Riesgo de contaminación por el uso de pesticidas
- Dinámica intrínseca en los Embalses
- Insuficiencia de Juntas de Agua-(JJAA´)
- Insuficiencia de control sobre las Juntas de Agua-(JJAA´)
- Ausencia de gestión de los desechos sólidos
- Insuficiencia/ausencia en la Gestión del Consejo de subcuencas

El resultado se presenta en la **Figura 3**.



**Figura 3. Diagrama de Pareto para la Subcuenca San José de Río Grande con problemas detectados.**

Como se visualiza las causas con mayor incidencia, son atribuibles a:

- ✓ Contaminación por aguas residuales domésticas
- ✓ Contaminación por uso de productos fertilizantes agrícolas
- ✓ Dinámica intrínseca del embalse

Las que, seguidas de:

- ✓ Contaminación por uso de pesticidas/herbicidas
- ✓ Ausencia de gestión de los desechos sólidos

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

- ✓ Insuficientes Juntas de Agua

Conducen a identificar las causas que tienen mayor influencia (80%) en la calidad del agua del Embalse Concepción.

## 5.2. DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO CON LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Se elaboraron otros diagramas de Pareto, pero esta vez sobre la base de los resultados de la calidad del agua obtenidos en los muestreos ejecutados por la consultora. Para la elaboración, se escogieron el grupo de parámetros que se presenta en la **Tabla 2** y se compararon con valores máximos admisibles (VMA), en algunos casos con los establecidos en la Norma técnica hondureña para el agua potable, en otros, con VMA para establecer algún grado de contaminación o eutrofización (en el caso de los embalses), esto último tomando en cuenta normativa internacional y referencias bibliográficas.

**Tabla 2. Criterios para elaboración de Diagramas de Pareto con los parámetros de Calidad del Agua.**

ID	Parámetros medidos	Criterios		Observación
		Criterio subcuena	Criterio embalses	
<b>Parámetros medidos in situ</b>				
1	Oxígeno Disuelto	<4,5		Límite para indicar agua de calidad pobre (referencias bibliográficas)
2	pH	6,5-8,5		Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña
3	Conductividad	400		Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña
3	Transparencia secchi	-	<1	Recomendado según bibliografía
<b>Parámetros organolépticos</b>				
4	Turbiedad	5	<250	Subcuena: Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña. Embalses: Normas internacionales y referencias bibliográficas.
5	Color	15	<150	Subcuena: Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña. Embalses: Normas internacionales y referencias bibliográficas.
<b>Parámetros fisicoquímicos</b>				
6	DBO5	20-100	20-100	Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas)
7	Hierro	0,3		Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña
8	Manganeso	0,5		Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña
<b>Nutrientes</b>				
9	Nitratos	10	0,1	Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas) y eutrofización
10	Ortofosfatos	1	-	Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas)
11	Fósforo total	-	0,025	Límite para indicar indicios de eutrofización
12	<b>Metales pesados</b>	Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña		

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

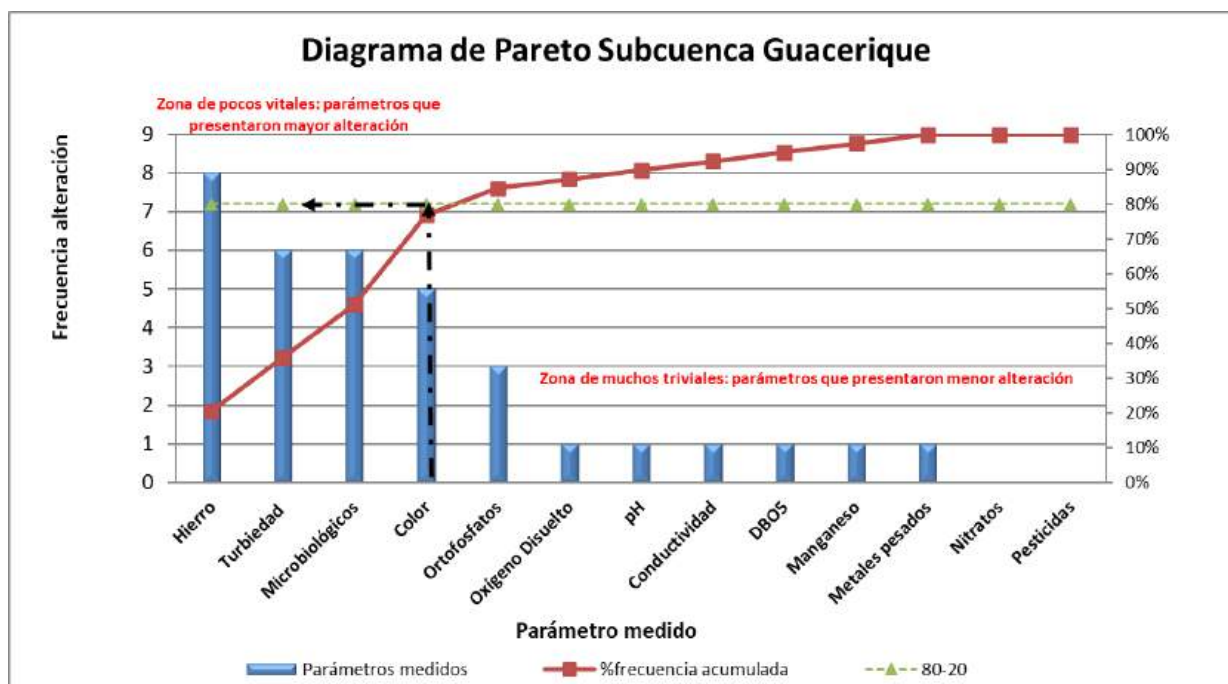
Microbiológicos				
13	Coliformes Fecales	20	2000	Subcuenca: Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña. Embalses: Normas internacionales y referencias bibliográficas.
Biológicos				
14	Clorofila-a	-	>9	Recomendado según bibliografía
15	Fitoplancton	-	>20000	Recomendado según bibliografía
16	Pesticidas	Rango Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña		

Fuente: Elaboración propia, con revisión de normas nacionales e internacionales

Tomando en cuenta los criterios indicados en la tabla anterior, se realizaron los diagramas de Pareto para la subcuenca Guacerique y el embalse los Laureles.

**5.2.1. Diagrama de Pareto Subcuenca Guacerique y Embalse Los Laureles**

Los Diagramas se presentan en la **Figura 4** y **Figura 5** respectivamente.



**Figura 4. Diagrama de Pareto para la Subcuenca Guacerique con parámetros de Calidad del Agua.**

Fuente: Elaboración propia.

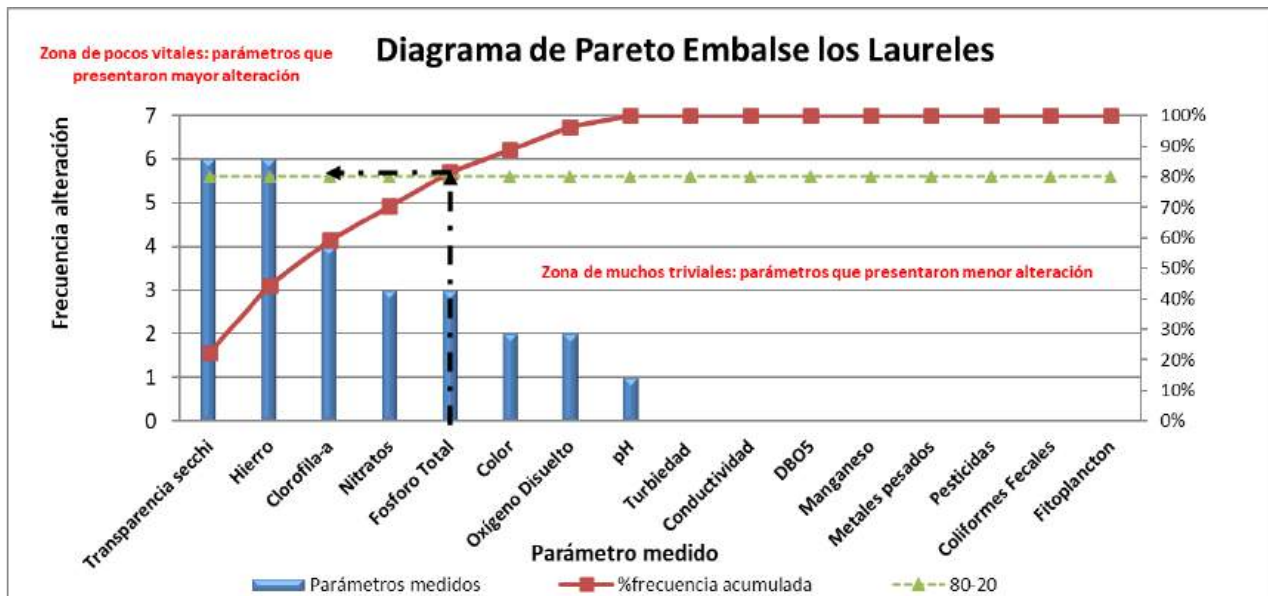
Los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%) en la subcuenca Guacerique, en cuanto a su desvío al rango fijado por la Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña son:

- ✓ Hierro
- ✓ Turbiedad
- ✓ Microbiológicos (Coliformes Fecales)

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

- ✓ Color



**Figura 5. Diagrama de Pareto para el embalse los Laureles con parámetros de Calidad del Agua.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

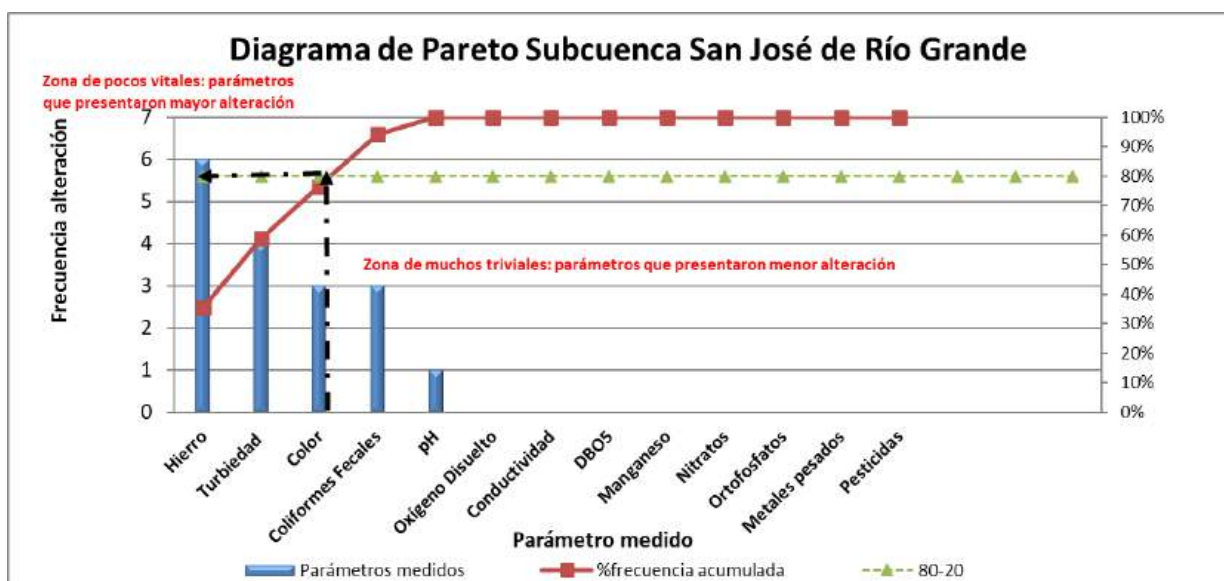
Los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%) en el Embalse Los Laureles, en cuanto a su desvío del Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas) y eutrofización son:

- ✓ Transparencia Secchi
- ✓ Hierro
- ✓ Clorofila-a
- ✓ Nitratos
- ✓ Fósforo Total

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**

**5.2.2. Diagrama de Pareto Sub cuenca San José de Río Grande y Embalse Concepción**

En cuanto al diagrama de Pareto para los parámetros de calidad del agua, los mismos se presentan en la **Figura 6** y **Figura 7** respectivamente.



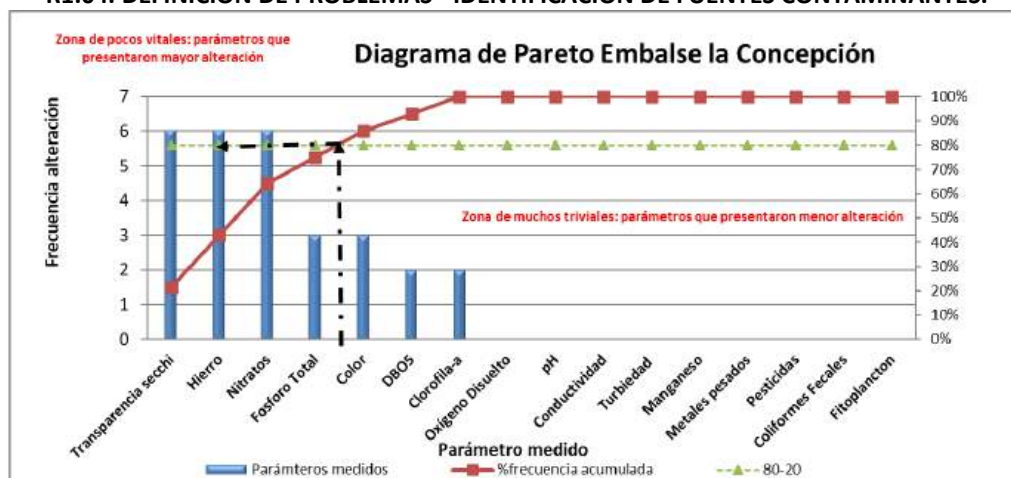
**Figura 6. Diagrama de Pareto para la Subcuenca San José de Río Grande con parámetros de Calidad del Agua.**

*Fuente: Elaboración propia.*

Los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%) en la subcuenca San José de Río Grande, en cuanto a su desvío al rango fijado por la Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable Hondureña son:

- ✓ Hierro
- ✓ Turbiedad
- ✓ Color

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS - IDENTIFICACIÓN DE FUENTES CONTAMINANTES.**



**Figura 7. Diagrama de Pareto para el embalse la Concepción con parámetros de Calidad del Agua.**

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros de calidad del agua que tienen mayor influencia (80%) en el Embalse Concepción, en cuanto a su desvío del Límite para indicar indicios de contaminación (referencias bibliográficas) y eutrofización son:

- ✓ Transparencia Secchi
- ✓ Hierro
- ✓ Nitratos
- ✓ Fósforo Total

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Fleitman, J. (28 de agosto de 2007). *Evaluación Integral Para Implantar Modelos de Calidad*. Obtenido de [https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA\\_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=%20diagrama%20de%20Pareto&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=j-B7FE7eWAYC&pg=PA63&dq=diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwid6OKxzJrRAhUHYSYKHSOSA_c4ChDoAQgeMAE#v=onepage&q=%20diagrama%20de%20Pareto&f=false)
- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (28 de agosto de 2007). *Introducción a la Gestión de la Calidad*. Obtenido de <https://books.google.co.ve/books?id=KYSMQQyQAbYC&pg=PA80&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-%20419&sa=X&ved=0ahUKEwj47leW2JrRAhVDNSYKHRkXCXo4HhDoAQg8MAU#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diagrama%20de%20Pareto&f=false>
- Sánchez, M., Iizarbe, L., & Dueñas, R. (28 de agosto de 2006). *Teoría y Práctica de la Calidad*. Obtenido de <https://books.google.co.ve/books?id=cUjBxymwhuQC&pg=PA101&dq=Como+construir+el+diagrama+de+Pareto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiw-uOOzprRAhVQfiYKHemaB1EQ6AEIQDAG#v=onepage&q=Como%20construir%20el%20diag%20rama%20de%20Pareto&f=false>



**PROYECTO PARA FORTALECER LOS SERVICIOS DE AGUA  
POTABLE DE TEGUCIGALPA  
P170469-CR. IDA-6460-HN**

**“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE  
Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”  
DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS  
REFERENCIA HN-AMDC-139447-CS-QCBS**

**CONTRATO No.CF-006-IDA6460-HN-AMDC-2023**

**R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

**MAPAS**

**FECHA DE EMISIÓN: 21/10/2024**

**REVISIÓN: 02**





ciudad de  
**buen  
corazón**

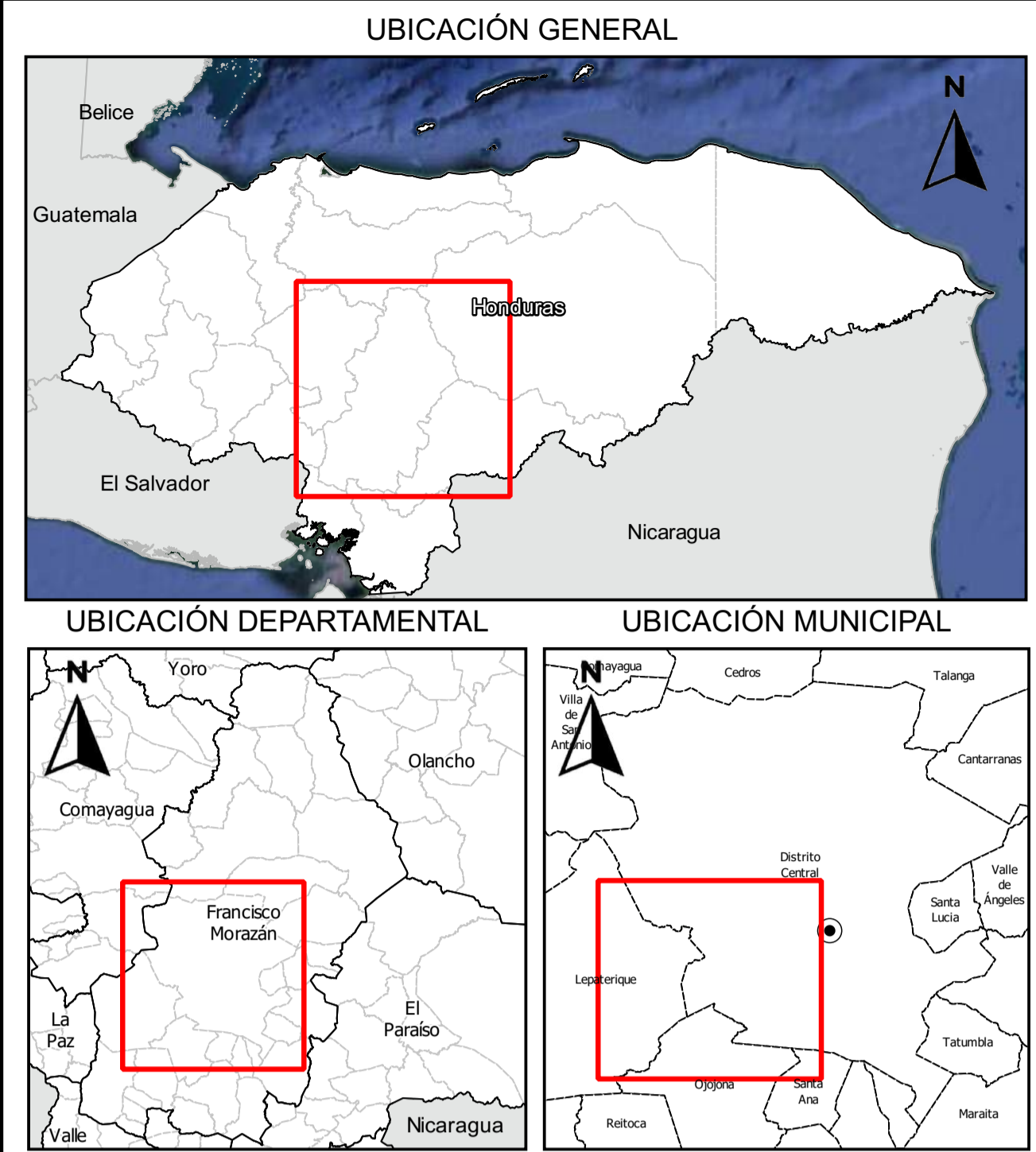
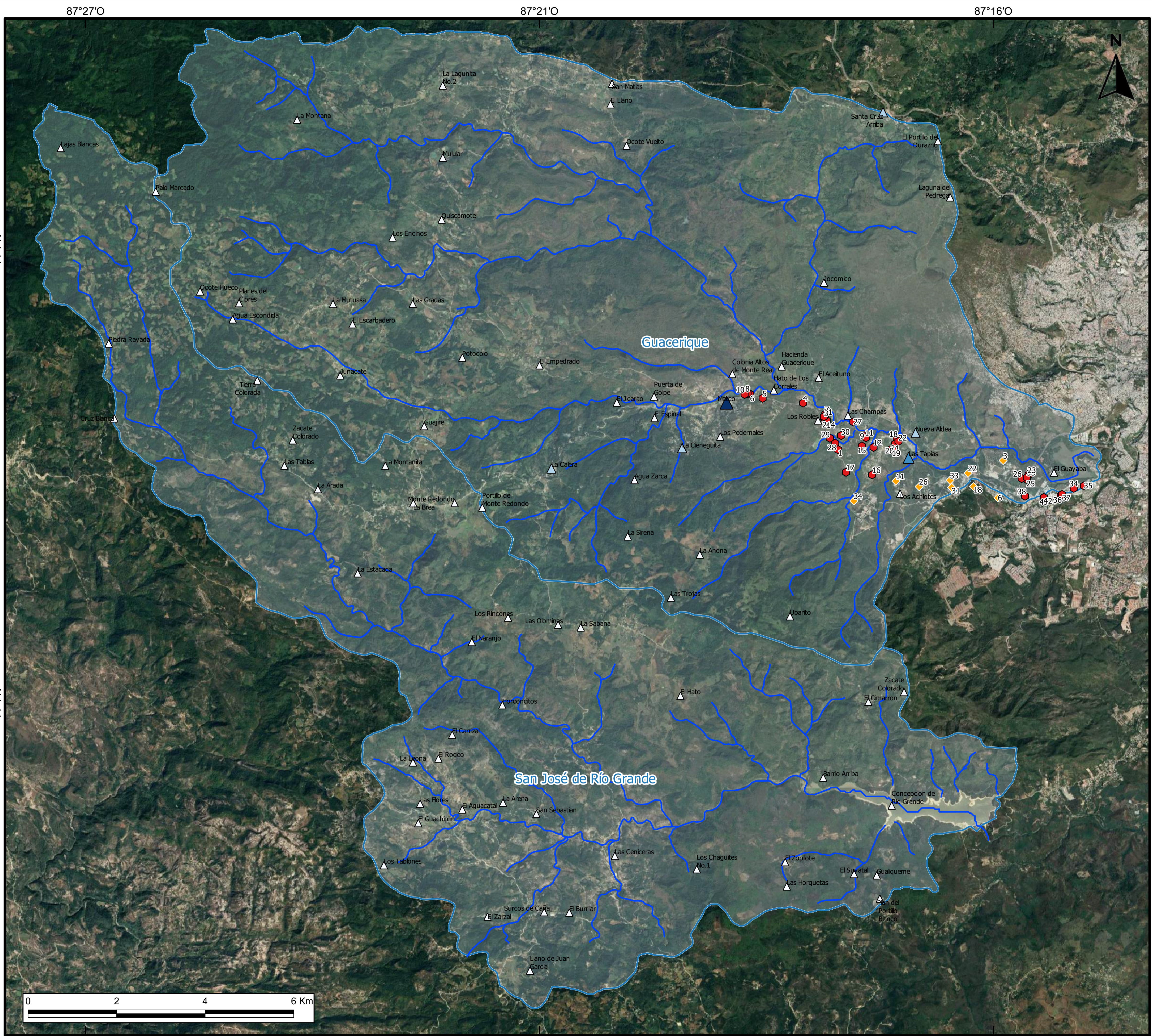


“ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE”

#### **R1.04. DEFINICIÓN DE PROBLEMAS**

#### **LISTADO DE MAPAS**

C553-GU2-MP-AB-DC-500	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-501	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN SUBCUENCAS
C553-GU2-MP-AB-DC-502	INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR ALDEAS
C553-GU2-MP-AB-DC-503	INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS POR ALDEAS



**REFERENCIAS**

- Capital**  
● Tegucigalpa
- Límites**  
▭ Subcuencas declaradas en estudio
- Hidrología**  
~ Drenaje de subcuencas
- Puntos de descarga de aguas residuales**  
● Vertido industrial  
◆ Vertido PTAR de unidades militares  
▽ Vertido doméstico (Viviendas con disposición tipo letrina por caseríos según Censo 2001)  
△ 0 - 43  
▲ 43 - 86  
▲ 86 - 129  
▲ 129 - 172

**INDUSTRIAS**

Nº	Nombre	Clasificación	Nº	Nombre	Clasificación
1	Productos de belleza (Vouge)	FABRICA DE PRODUCTOS DE BELLEZA	19	Fabrica de bloques	FABRICA DE BLOQUES
2	Chatarrera	CHATARRERA	20	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
3	Empacadora de agua (Pacific)	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA	21	Pozo	POZO
4	Granja avícola (El Cortijo)	PROCESADORA	22	Papelaria	IMPRENTA
5	Empresa constructora (SINICO)	CONSTRUCTORA	23	Carwash	CARWASH
6	Drogueria (Laboratorio Everest)	DROGUERIA	25	Yonker	YONKER
7	Fabrica de velas (Fatima)	FABRICA DE VELAS	28	Venta de resacas	CENTRO DE DISTRIBUCION
8	Fabrica de colchones (Ind. Gabriela)	FABRICA DE COLCHONES	27	Pozo	POZO
9	Fabrica de productos de limpieza	FABRICA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA	28	Embotelladora de agua (Aqua Spring)	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA
10	Fabrica de rotulos	FABRICA DE ROTULOS	29	Fabrica (Grupo Vivía)	FABRICA DE VINAGRE
11	Taller mecanico	TALLER DE MECANICA	30	Bodega	BODEGAS
12	Carwash y Tecnicentro	CARWASH Y TECNICENTRO	31	Fabrica de hielo	FABRICA DE HIELO
14	Bodegas (Claro)	BODEGAS	33	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
15	Plantel de maquinaria pesada	TALLER MECANICA INDUSTRIAL	34	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
16	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA	35	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
17	Bodegas	BODEGAS	36	Carwash y Taller mecanico	TALLER MECANICA Y CARWASH
18	Plantel de chatarra y equipo pesado	CHATARRERA	37	Estacion de servicio	ESTACION DE SERVICIO
			38	Estacion de servicio	ESTACION DE SERVICIO
			42	Empacadora y purificadora de agua	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA
			43	Empacadora y purificadora de agua	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA

**UNIDADES MILITARES**

Id	Punto	Lugar
3	Planta de tratamiento de aguas residuales	Escuela Técnica del Ejército
6	Descarga de área de lavandería	Cuartel General del Ejército
11	Planta de tratamiento de aguas residuales	Industria Militar
18	Planta de tratamiento de aguas residuales	Hospital Militar
22	Planta de tratamiento de aguas residuales	Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)
28	Fosa séptica	Primer batallón de infantería
31	Planta de tratamiento de aguas residuales	Universidad de Defensa, Escuela de Comando y Colegio de defensa Nacional
33	Biodigestores	Comando de Apoyo al Manejo de Ecosistemas y Ambiente
34	Planta de tratamiento de aguas residuales	Academia Militar

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS).**

**R1.04. Definición de problemas**

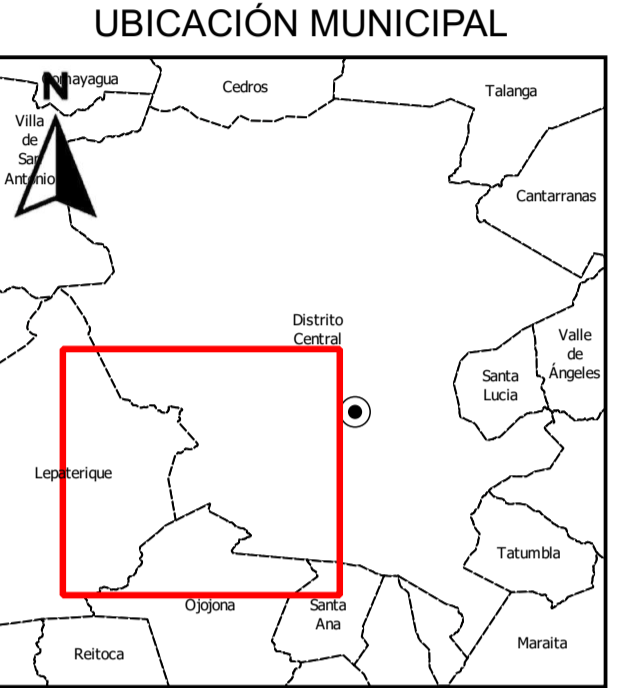
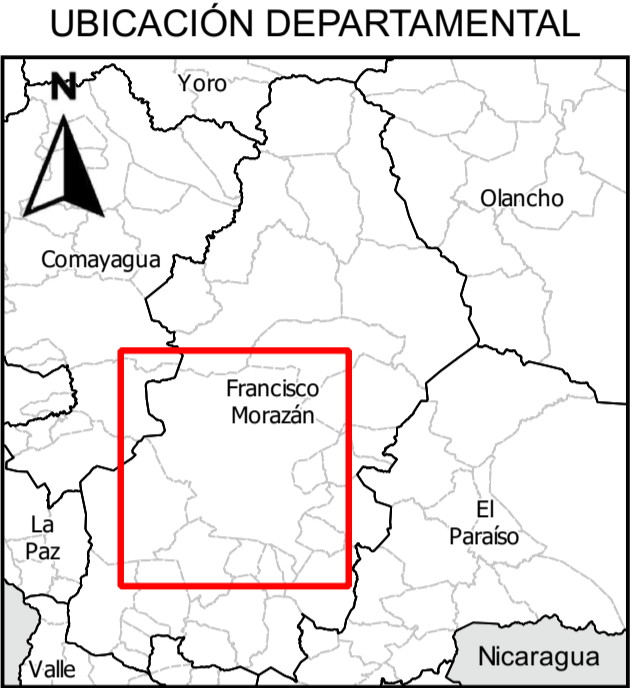
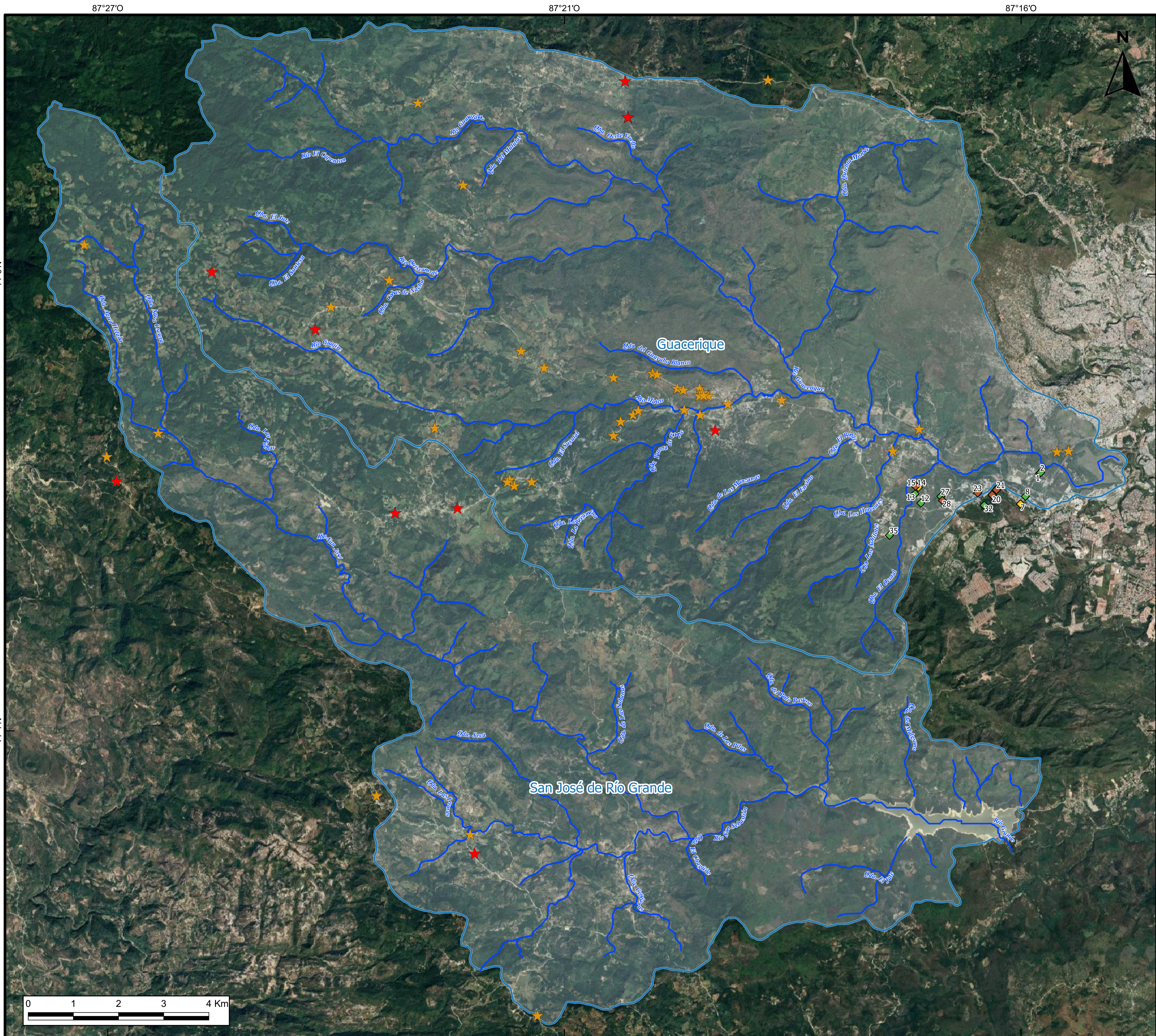
Revisión: V2  
 Descrip. cambio: Original  
 Fecha: 21-10-2024  
 Elaboró: L.A.Q.  
 Revisó: N.P.  
 Aprobó: Y.M.

Elaborado por:

**INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN SUBCUENCAS**

EQUIPO TÉCNICO DE LA CONSULTORA:  
 COORDINADOR: MSC. PABLO SERRA M. (HYTSA)  
 ESP. HIDRAULICA: MSC. YURI MEDINA (HYTSA)  
 ESP. INFRAESTRUCTURA: ING. RONALD AGUIERO (CONASH)

Plano N°: C553-GU2-MP-AB-DC-500  
 Revisión: 02  
 Escala: -  
 Hoja: 1 de 1



REFERENCIAS

- Basurales en centros urbanos**
  - ★ Basural
  - ★ Quema
- Hidrología**
  - ~ Drenaje en subcuencas en estudio
  - Subcuencas en estudio
- Disposición de residuos sólidos en unidades militares**
  - ◆ Disposición de chatarra
  - ◆ Quema de residuos
  - ◆ Residuos hospitalarios
  - ◆ Residuos sólidos

**NOTA**  
 Los basurales exteriores a las cuencas en estudio, se añadieron al análisis por afectar mismas de manera directa. Estos basurales pertenecen a aldeas incluidas en las cuencas de estudio.  
 La numeración de la disposición de residuos en instalaciones militares corresponde a todos los puntos de disposición, no solo a los que se visualizan. Esta numeración incluye los puntos de disposición de residuos sólidos y los de descarga de efluentes.

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS).**

R1.04. Definición de problemas

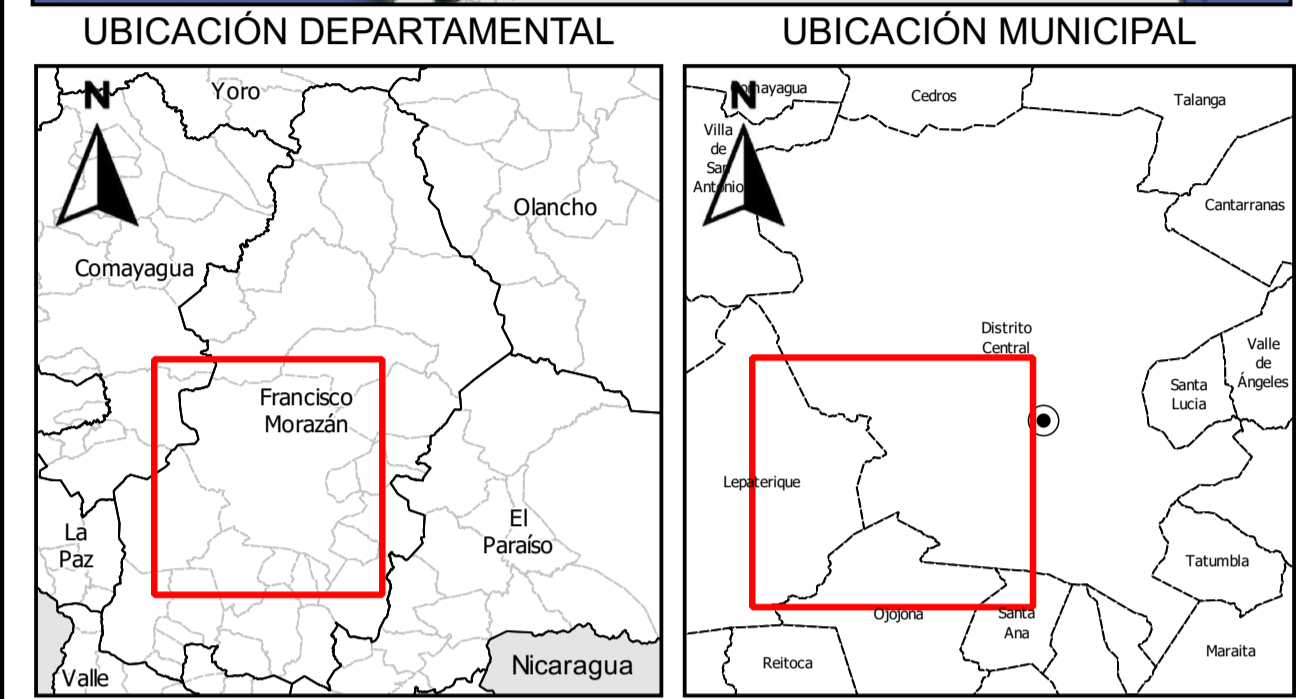
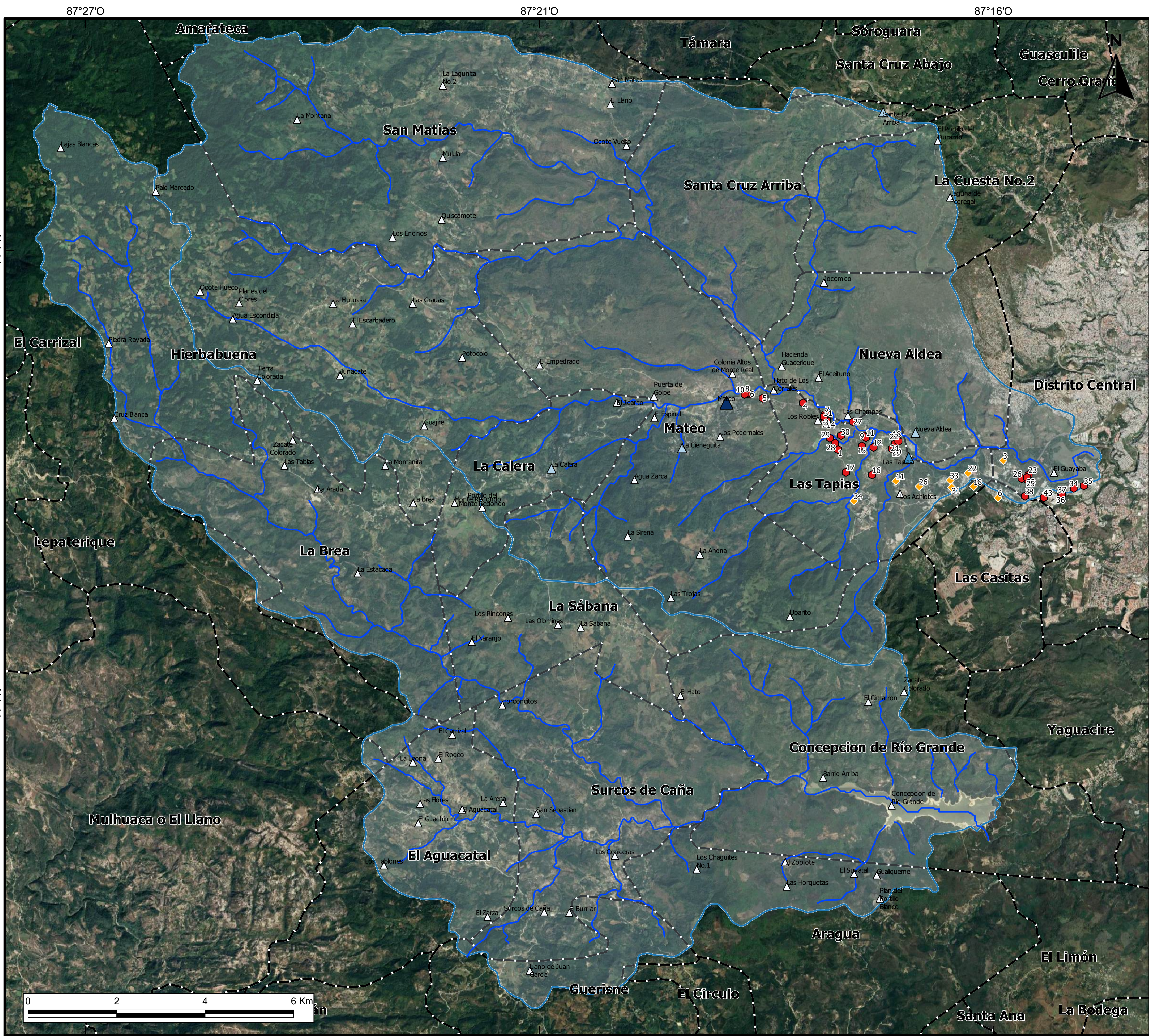
Revisión:	V2	Elaborado por:	
Descripción cambio:	Original		
Fecha:	21-10-2024		
Elaboró:	L.A.Q		
Revisó:	N.P.		
Aprobó:	Y.M.		

**EQUIPO TÉCNICO DE LA CONSULTORA:**  
 COORDINADOR: MSc. PABLO SERRA M. (HYTSA)  
 ESP. HIDRAULICA: MSc. YURI MEDINA (HYTSA)  
 ESP. INFRAESTRUCTURA: ING. RONALD AGUIERO (CONASH)

**INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN SUBCUENCAS**

Plano N°: **C553-GU2-MP-AB-DC-501**      Revisión: **02**

Escala: -      Hoja: 1 de 1



**REFERENCIAS**

- Capital:** Tegucigalpa
- Límites:** Aldeas, Subcuencas declaradas en estudio
- Hidrología:** Drenaje de subcuencas
- Puntos de descarga de aguas residuales:**
  - Vertido industrial
  - Vertido PTAR de unidades militares
  - Vertido doméstico (Viviendas con disposición tipo letrina por caseríos según Censo 2001)

**Alturas (m):**

- 0 - 43
- 43 - 86
- 86 - 129
- 129 - 172

**INDUSTRIAS**

Nº	Nombre	Clasificación	Nº	Nombre	Clasificación
1	Productos de belleza (Vouge)	FABRICA DE PRODUCTOS DE BELLEZA	19	Fabrica de bloques	FABRICA DE BLOQUES
2	Chatarrera	CHATARRERA	20	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
3	Empacadora de agua (Pacific)	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA	21	Pozo	POZO
4	Granja avícola (El Cortijo)	PROCESADORA	22	Papelaria	IMPRENTA
5	Empresa constructora (SINICO)	CONSTRUCTORA	23	Carwash	CARWASH
6	Drogueria (Laboratorio Everest)	DROGUERIA	25	Yonker	YONKER
7	Fabrica de velas (Fatima)	FABRICA DE VELAS	28	Venta de resuastos	CENTRO DE DISTRIBUCION
8	Fabrica de colchones (Ind. Gabriela)	FABRICA DE COLCHONES	27	Pozo	POZO
9	Fabrica de productos de limpieza	FABRICA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA	28	Embotelladora de agua (Aqua Spring)	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA
10	Fabrica de rotulos	FABRICA DE ROTULOS	29	Fabrica (Grupo Vivía)	FABRICA DE VINAGRE
11	Taller mecanico	TALLER DE MECANICA	30	Bodega	BODEGAS
12	Carwash y Tecnicentro	CARWASH Y TECNICENTRO	31	Fabrica de hielo	FABRICA DE HIELO
14	Bodegas (Claro)	BODEGAS	33	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
15	Plantel de maquinaria pesada	TALLER MECANICA INDUSTRIAL	34	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
16	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA	35	Taller de mecanica	TALLER DE MECANICA
17	Bodegas	BODEGAS	36	Carwash y Taller mecanico	TALLER MECANICA Y CARWASH
18	Plantel de chatarra y equipo pesado	CHATARRERA	37	Estacion de servicio	ESTACION DE SERVICIO
			38	Estacion de servicio	ESTACION DE SERVICIO
			42	Empacadora y purificadora de agua	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA
			43	Empacadora y purificadora de agua	EMPACADORA Y PURIFICADORA DE AGUA

**UNIDADES MILITARES**

Id	Punto	Lugar
3	Planta de tratamiento de aguas residuales	Escuela Técnica del Ejército
6	Descarga de área de lavandería	Cuartel General del Ejército
11	Planta de tratamiento de aguas residuales	Industria Militar
18	Planta de tratamiento de aguas residuales	Hospital Militar
22	Planta de tratamiento de aguas residuales	Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)
28	Fosa séptica	Primer batallón de infantería
31	Planta de tratamiento de aguas residuales	Universidad de Defensa, Escuela de Comando y Colegio de defensa Nacional
33	Biodigestores	Comando de Apoyo al Manejo de Ecosistemas y Ambiente
34	Planta de tratamiento de aguas residuales	Academia Militar

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS).**

**R1.04. Definición de problemas**

**BANCO MUNDIAL** (BIRF - AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL)

**UMAPS** (UNIDAD MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO)

Revisión: V2  
 Descrip. cambio: Original  
 Fecha: 21-10-2024  
 Elaboró: L.A.Q.  
 Revisó: N.P.  
 Aprobó: Y.M.

Elaborado por: **HYTSA CONASH** (ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. - GRUPO CONASH)

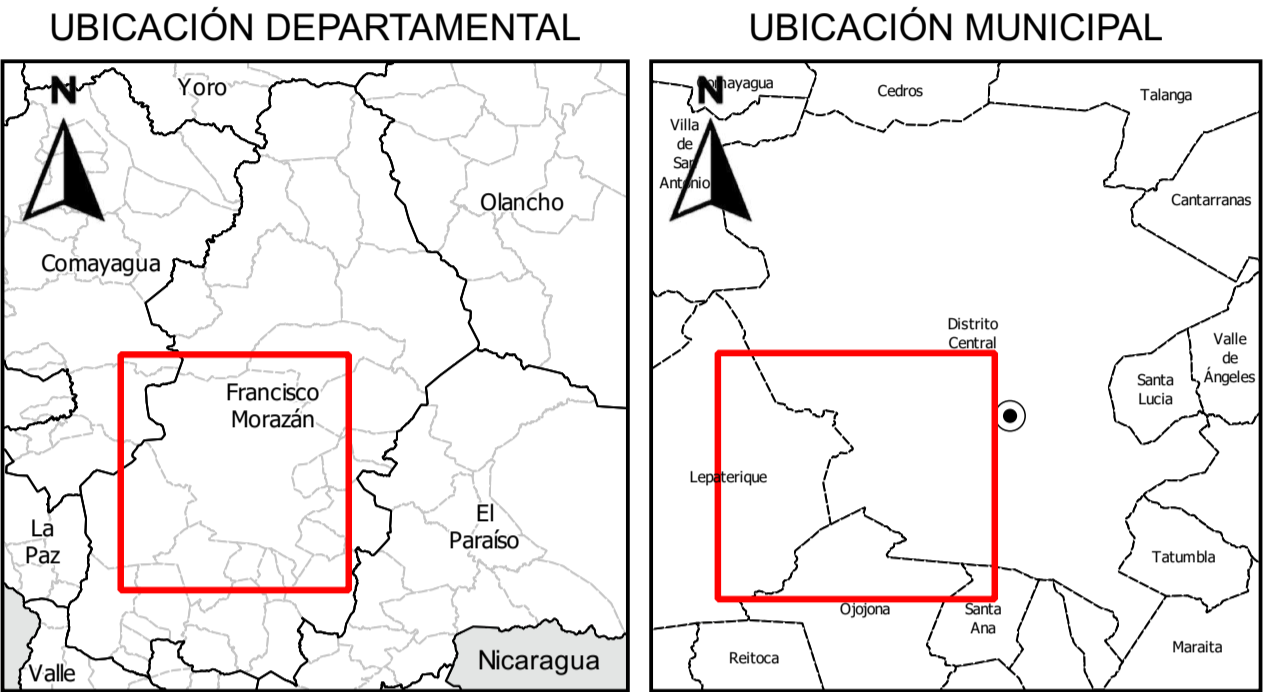
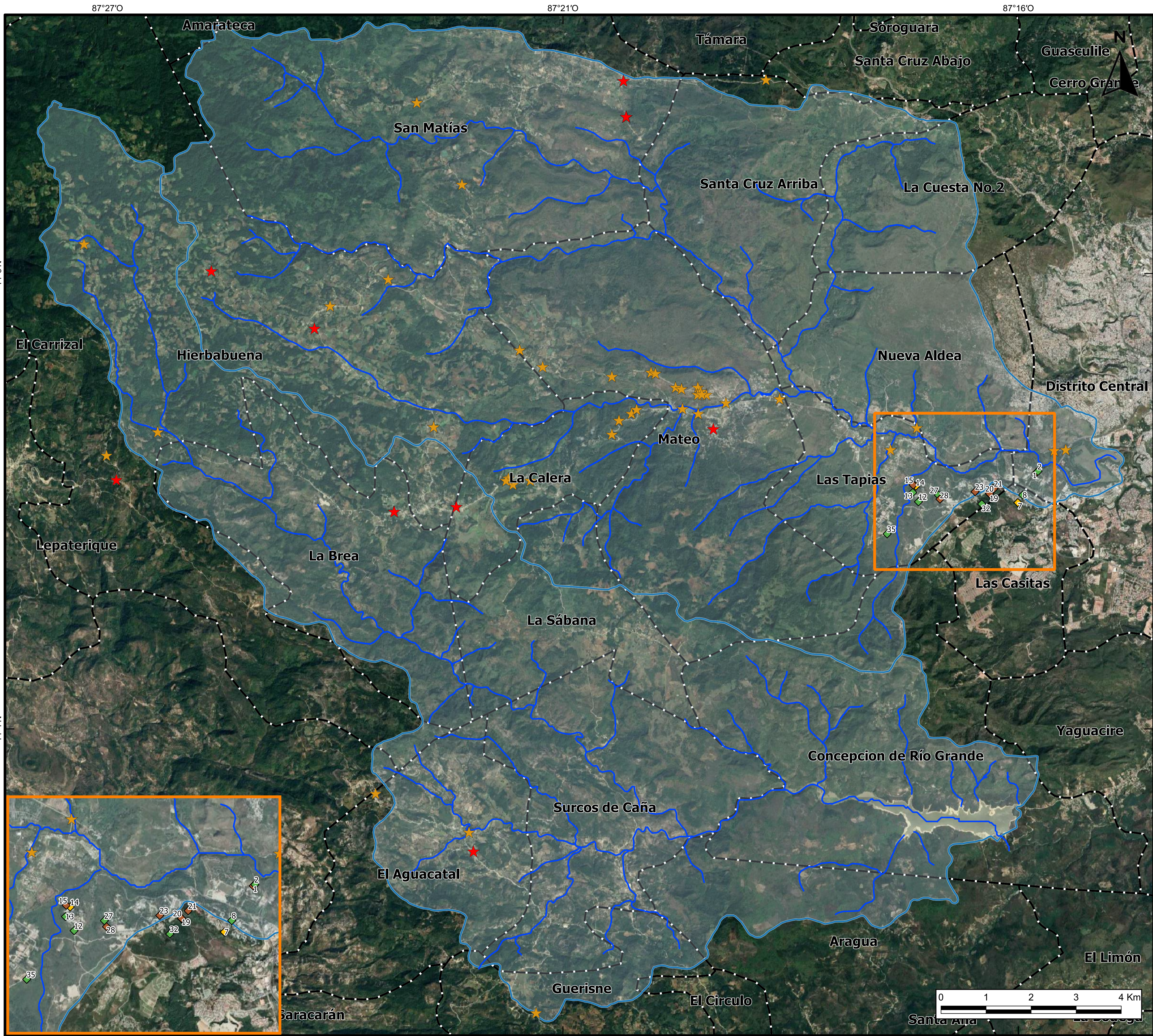
**INVENTARIO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES POR ALDEAS**

Plano N°: **C553-GU2-MP-AB-DC-502**

Revisión: **02**

Equipo Técnico de la Consultora: COORDINADOR: MSc. PABLO SERRA M. (HYTSA) ESP. HIDRAULICA: MSc. YURI MEDINA (HYTSA) ESP. INFRAESTRUCTURA: ING. RONALD AGUIERO (CONASH)

Escala: - Hoja: 1 de 1



**REFERENCIAS**

- Basurales en centros urbanos**
  - ★ Basural
  - ★ Quema
- Disposición de residuos sólidos en unidades militares**
  - ◆ Disposición de chatarra
  - ◆ Quema de residuos
  - ◆ Residuos hospitalarios
  - ◆ Residuos sólidos
- Hidrología**
  - ~ Drenaje en subcuencas en estudio
  - Subcuencas en estudio
- Límites**
  - Aldeas

**UNIDADES MILITARES**

N°	Punto	Unidad Militar	Clasificac
1	Disposición de chatarra	Escuela Técnica del Ejército	Chatarra
2	Almacenamiento de residuos sólidos	Escuela Técnica del Ejército	Residuos sólidos
7	Sitio de quema	Cuartel General del Ejército	Quema de residuos
8	Almacenamiento de residuos sólidos	Cuartel General del Ejército	Residuos sólidos
12	Almacenamiento de residuos sólidos	Industria Militar	Residuos sólidos
13	Almacenamiento de residuos sólidos	Industria Militar	Residuos sólidos
14	Sitio de quema	Industria Militar	Quema de residuos
15	Disposición de chatarra	Industria Militar	Chatarra
19	Almacenamiento de residuos hospitalarios	Hospital Militar	Residuos hospitalarios
20	Disposición de chatarra	Hospital Militar	Chatarra
21	Disposición de chatarra	Hospital Militar	Chatarra
23	Disposición de chatarra	Comando de Apoyo Logístico de las Fuerzas Armadas (CALFFA)	Chatarra
27	Almacenamiento de residuos sólidos	Primer batallón de infantería	Residuos sólidos
28	Disposición de chatarra	Primer batallón de infantería	Chatarra
32	Almacenamiento de residuos sólidos	Universidad de Defensa, Escuela de Comando y Colegio de Defensa Nacional	Residuos sólidos
35	Almacenamiento de residuos sólidos	Academia Militar	Residuos sólidos

**NOTA**  
 Los basurales exteriores a las cuencas en estudio, se añadieron al análisis por afectar mismas de manera directa. Estos basurales pertenecen a aldeas incluidas en las cuencas de estudio.  
 La numeración de la disposición de residuos en instalaciones militares corresponde a todos los puntos de disposición, no solo a los que se visualizan. Esta numeración incluye los puntos de disposición de residuos sólidos y los de descarga de efluentes.

**ESTUDIO Y DISEÑO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS SUBCUENCAS DE GUACERIQUE Y SAN JOSÉ DE RÍO GRANDE. DEPARTAMENTO DE FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS (HN-AMDC-139447-CS-QCBS).**

**R1.04. Definición de problemas**

**BANCO MUNDIAL** BIRF - AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

**UMAPS** UNIDAD MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

**HYTSA** ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A.

**CONASH** CONSULTORÍA NACIONAL

Revisión: V2  
 Descrip. cambio: Original  
 Fecha: 21-10-2024  
 Elaboró: L.A.Q.  
 Revisó: N.P.  
 Aprobó: Y.M.

Elaborado por: **HYTSA**

**INVENTARIO DE PUNTOS DE GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS POR ALDEAS**

Equipo Técnico de la Consultora:  
 COORDINADOR: MSC. PABLO SERRA M. (HYTSA)  
 ESP. HIDRAULICA: MSC. YURI MEDINA (HYTSA)  
 ESP. INFRAESTRUCTURA: ING. RONALD AGUIERO (CONASH)

Plano N°: **C553-GU2-MP-AB-DC-503**  
 Revisión: **02**

Escala: -  
 Hoja: 1 de 1

Fuente: Información Geoespacial - COPECO, IGN(Honduras), SINAP, ICF y AMCD.  
 Sistema de Coordenadas: WGS 84. Datum: WGS 84  
 Proyección: Latitud-Longitud.