

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Centro Universitario de Incidencia Social

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

PROGRAMA DE SUSTENTABILIDAD SOCIOAMBIENTAL PARA EL DESARROLLO INCLUSIVO



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**1P02 – SAN PEDRO VALENCIA: RENOVACIÓN URBANA, SANEAMIENTO AMBIENTAL Y
EMPREDIMIENTOS TURÍSTICOS**

Análisis Multiescalar de Arroyos San Antonio y Salado: Fundamentos para la Biorremediación Comunitaria

Presentan:

Ingeniería Civil, Rodrigo Ferrete Aceves (ic728295@iteso.mx)

Ingeniería Civil, Juan Ventura Nava Tapia (ic720206@iteso.mx)

Ingeniería Civil, Carlos Ibarra Garibay (ic711402@iteso.mx)

Desarrollo Inmobiliario Sustentable, Emilio Oropeza Lopez (emilio.oropeza@iteso.mx)

Ingeniería Civil, Alondra Estefania Barajas Esparza (ic729815@iteso.mx)

Profesores PAP:

MTRO. LIC. Héctor Morales Gil de la Torre

MTRO. ING. Andrés Zuloaga Cano

MTRA. LIC. Brenda Valdez García

MTRA. LIC. Ana Ortiz Ramos

Tlaquepaque, Jalisco, mayo 2025

ÍNDICE

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional.....	2
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional.....	2
Resumen.....	5
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto.....	6
1.2 Caracterización de la organización.....	9
1.3 Identificación de las problemáticas.....	9
1.4. Planeación de alternativas.....	11
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora.....	11
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos.....	12
1.7. Bibliografía y otros recursos.....	14
1.8. Anexos generales.....	14
2. Productos.....	14
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia.....	19
3.1 Sensibilización ante las realidades.....	19
3.2 Aprendizajes logrados.....	20

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

Durante el presente semestre, el objetivo del trabajo consistió en realizar el levantamiento de información e identificación de características físicas y sociales de las cuencas de los arroyos San Antonio y Salado para, con el fin de sentar las bases para un diagnóstico integral de

ambos cuerpos de agua. Los actores sociales involucrados en el desarrollo del proyecto fueron los estudiantes de la universidad, docentes de apoyo del ITESO, así como autoridades municipales y comunidades locales.

La metodología empleada incluyó la revisión documental en fuentes oficiales como INEGI y Google Earth Engine, la elaboración de mapas temáticos en QGIS, la coordinación de levantamientos topográficos mediante drones y el procesamiento de datos hidrológicos. Los conceptos teóricos más importantes considerados fueron la caracterización física y social de cuencas, la hidrología superficial, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el escurrimiento superficial y caudal.

El trabajo se estructuró en varias etapas clave. Primero, se realizó una investigación documental para recopilar datos sobre cuerpos de agua, uso de suelo, tipos de suelo y aspectos socioeconómicos. Posteriormente, se generaron mapas en QGIS que abarcan información física, social y económica. En la tercera etapa, se calcularon escurrimientos utilizando datos del INEGI y herramientas de procesamiento de datos de Google Earth Engine. Finalmente, se gestionó el contacto con un docente del ITESO para coordinar la ejecución de un levantamiento topográfico que permitirá obtener información detallada de los arroyos. Este apartado da cuenta de la estructura y principios considerados en el proyecto, evidenciando una planeación estratégica y un enfoque participativo orientado a un diagnóstico integral.

Para alcanzar el objetivo del proyecto, se implementó la Metodología de Cadena de Impactos. Esta estrategia contempla, en primer lugar, la identificación del comportamiento hidrológico del arroyo a través del uso del software ANTARES de INEGI, de donde se obtuvieron bases de datos relevantes sobre elevaciones, pendientes, precipitación efectiva, coeficientes de escurrimiento, intensidad de lluvia y área de la cuenca, esto con la finalidad de estimar el escurrimiento superficial en distintos periodos de retorno que fluctúan entre los 2 y 200 años.

Con base en los resultados y actividades definidos, se ha organizado el siguiente plan de trabajo:

- 1. Investigación documental en fuentes del INEGI**

Se descargaron capas en archivos .SHP desde la plataforma del INEGI con el objetivo de construir un mapa base que proporcione una visión integral de las características físicas, sociales y ambientales del área de estudio. Estas capas incluyen:

- Delimitación de cuenca de los arroyos.
- Mancha urbana.
- Cuerpos de agua.
- Curvas de nivel.
- Corrientes de agua.
- Caminos, carreteras y vías férreas.
- Localidades y presas.

Esta información permite establecer un diagnóstico espacial detallado que fundamenta la planificación de estrategias de biorremediación, así como la evaluación de los impactos sociales y ambientales existentes.

2. **Uso del software Antares del INEGI**

Se utilizó el software Antares para validar y complementar la información topográfica, geológica e hidrológica recolectada. Aunque sus datos presentan un enfoque general, sirven como referencia adicional para corroborar la estructura del relieve y las dinámicas hídricas principales de la región.

3. **Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Se emplearon herramientas SIG (como QGIS) para integrar, procesar y representar gráficamente las capas descargadas, con el fin de generar mapas temáticos específicos. Entre ellos:

- **Mapa edafológico**, que muestra los tipos de suelo y su textura en la cuenca.
- **Mapa de geología ambiental**, que incluye conos aluviales, depósitos de talud, zonas de recarga de acuíferos y el sistema fluvial, además de datos cuantitativos en hectáreas.
- **Mapa de uso de suelo y vegetación**, que representa los distintos tipos de uso de suelo y vegetación.

Estos mapas permiten comprender el contexto integral de la cuenca en términos sociales, ecológicos, legales y físicos. Constituyen una herramienta crucial para la toma de decisiones

por parte de los actores que buscan implementar procesos de restauración ambiental y biorremediación.

4. **Uso del software Excel para cálculos hidrológicos**

Se utilizó Excel para realizar el cálculo del volumen de escurrimiento superficial bajo diferentes periodos de retorno. Se aplicaron dos metodologías:

- El método del Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU. (SCS-CN), para estimar la esorrentía en función del tipo de suelo, uso del suelo y características de la lluvia.
- La fórmula racional, para calcular el caudal pico en eventos de lluvia intensa.

Estos cálculos permiten modelar la respuesta hidrológica de las cuencas ante eventos extremos, evaluar riesgos de inundación y estimar las cargas contaminantes que pueden movilizarse en dichos eventos, lo cual es fundamental para proponer intervenciones eficaces de biorremediación.

Resumen

El Programa de Sustentabilidad Socioambiental para el Desarrollo Inclusivo es un Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) orientado a atender problemáticas ambientales y sociales mediante la generación de propuestas técnicamente fundamentadas y socialmente pertinentes. En este marco, desarrollamos el proyecto Análisis Multiescalar de Arroyos San Antonio y Salado: Fundamentos para la Biorremediación Comunitaria, cuyo propósito fue caracterizar las condiciones físicas, sociales y ambientales de ambas cuencas, ubicadas en el estado de Jalisco, para sentar las bases de futuras estrategias de restauración ecológica.

Durante el periodo de trabajo se recopilaron y procesaron datos secundarios provenientes de fuentes oficiales como el INEGI y se utilizaron herramientas como QGIS, Google Earth Engine y Antares para generar mapas temáticos, análisis hidrológicos y una base de datos espacial. Aunque inicialmente se contempló la realización de un levantamiento topográfico con drones, este fue sustituido por un enfoque geoespacial integral basado en el uso de capas .SHP y metodologías hidrológicas como SCS-CN y la fórmula racional.

El proyecto permitió desarrollar productos útiles para colectivos ambientales, autoridades locales y organizaciones comunitarias, orientados a la toma de decisiones en torno a la conservación y manejo del agua. Asimismo, representó una experiencia de aprendizaje

interdisciplinaria en la que se combinaron competencias técnicas, sociales y éticas, con una visión crítica sobre el papel de la ingeniería en contextos socioambientales complejos.

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

Los arroyos San Antonio y Salado, ubicados en el estado de Jalisco, enfrentan serios procesos de contaminación y deterioro ecológico debido a actividades humanas intensivas en sus respectivas cuencas. Ambos cuerpos de agua son utilizados para riego, tienen cercanía con zonas habitacionales y agrícolas, y representan un riesgo ambiental y sanitario creciente para las comunidades locales.

El **Arroyo San Antonio** presenta un régimen hidrológico estacional, lo que provoca una concentración más alta de contaminantes en la temporada seca. Las principales fuentes de contaminación son las descargas de aguas residuales domésticas no tratadas y los escurrimientos agrícolas con residuos de pesticidas e insecticidas. En época de lluvias, los contaminantes tienden a diluirse, pero en sequía, el deterioro del agua es más notorio. Las prácticas agropecuarias en su cuenca intensifican la degradación de la calidad del agua, afectando directamente tanto la salud pública como los ecosistemas acuáticos. A pesar de esta situación, algunas zonas muestran capacidad de auto-recuperación.

Por su parte, el **Río Salado** también atraviesa un proceso de contaminación grave, especialmente en municipios como Tala, El Refugio y Huaxtla. A lo largo de su recorrido, recibe aportes de aguas negras, residuos agrícolas y lixiviados industriales, destacando el impacto de los ingenios azucareros, que vierten vinazas y sustancias orgánicas que provocan eutrofización. Esto ha reducido drásticamente el oxígeno disuelto, afectando la biodiversidad y alterando la cadena trófica del ecosistema acuático.

Ambos ríos presentan presencia de coliformes fecales y metales pesados como plomo y arsénico, detectados en concentraciones por encima de los límites establecidos por la NOM-127-SSA1-2021. Estos hallazgos implican riesgos importantes tanto ecológicos como sanitarios, reforzando la necesidad de intervenciones urgentes.

A nivel ecológico, los ecosistemas ribereños del **Río Salado** también muestran señales de degradación. En zonas como El Refugio, la vegetación nativa ha sido reemplazada por especies invasoras, mientras que en Huaxtla, aunque hay vegetación adaptada a corrientes rápidas, la cercanía al basurero regional ha agravado el deterioro. La fragmentación del cauce

y las modificaciones para riego han afectado su conectividad ecológica, especialmente en época seca.

Desde el punto de vista social, ambos cuerpos de agua tienen un alto valor cultural, económico y ambiental. No obstante, su contaminación ha generado conflictos comunitarios, principalmente por los riesgos a la salud, la pérdida de espacios recreativos y las inundaciones estacionales. Actualmente, no existen procesos participativos consolidados, pero se reconoce la urgencia de involucrar a las comunidades en la restauración ecológica.

En este contexto, el análisis espacial realizado para el presente estudio no se centró exclusivamente en tramos específicos, sino en las **cuencas hidrográficas completas** que influyen en los arroyos San Antonio y Salado. A través del procesamiento de capas geospaciales (topografía, geología, uso de suelo, vegetación, edafología, entre otras), se construyó una comprensión integral del entorno físico, ecológico y social que determina el comportamiento hidrológico y ambiental de ambas cuencas. Este enfoque permite plantear estrategias de restauración más eficaces, basadas en una visión territorial amplia y no fragmentada.

Entre las acciones recomendadas se encuentran la reforestación con especies nativas (como sauces, fresnos y guajes), la eliminación de especies invasoras y la implementación de técnicas de bioingeniería como gaviones, diques vivos y terrazas verdes para mejorar la calidad del agua, estabilizar los márgenes y promover la resiliencia ecológica en ambas cuencas.

Monitoreo de la Calidad del Agua – Río San Antonio

Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)
Entrada del Río San Antonio	28.5	2.1	45.3
Balneario San Antonio	32.1	3.5	50.2
Restaurante San Pedro Valencia	26.8	4.2	30.1

Fuente: Monitoreo ITESO, 2024

Identificación de Contaminantes – Río San Antonio

Contaminante	Concentración Promedio (mg/L)	Límite NOM-127-SSA1-2021 (mg/L)
Coliformes Fecales	4500 NMP/100mL	0 NMP/100mL
Arsénico	0.12	0.025
Plomo	0.05	0.01

Fuente: Análisis Químico ITESO, 2024

Monitoreo de la Calidad del Agua – Río Salado

Punto de Monitoreo	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)
Entrada del Río Salado	27.9	2.8	40.5
Zona agrícola La Ciénega	30.4	2.2	48.9
Comunidad El Refugio	26.5	4.5	28.7

Fuente: Monitoreo ITESO, 2024

Identificación de Contaminantes – Río Salado

Contaminante	Concentración Promedio (mg/L)	Límite NOM-127-SSA1-2021 (mg/L)
Coliformes Fecales	3900 NMP/100mL	0 NMP/100mL
Arsénico	0.10	0.025
Plomo	0.04	0.01

Fuente: Análisis Químico ITESO, 2024

1.2 Caracterización de la organización

El proyecto se desarrolla en colaboración con la Red de Monitores de Calidad del Agua, convocada a través del PAP desde octubre de 2023 y la cooperativa Los Pinos de Hurtado. Esta última, depende directamente de la salud del ecosistema acuático para su subsistencia, unió fuerzas en agosto de 2023 con el colectivo ambiental Resistencia Civil por el Valle, con sede en Tala. A pesar de no pertenecer a la misma subcuenca, este colectivo se sumó al proyecto por su interés común en la protección del agua.

1.3 Identificación de las problemáticas

Los Arroyos San Antonio y Salado enfrentan una grave problemática de contaminación debido a descargas de aguas residuales de comunidades cercanas, lo que aumenta los niveles de coliformes fecales y pone en riesgo la salud pública. Además, las actividades agrícolas y habitacionales a lo largo del río contribuyen a la contaminación por pesticidas e insecticidas, lo que deteriora aún más la calidad del agua. El bajo caudal en épocas de sequía agrava la situación, ya que reduce la capacidad de dilución de los contaminantes, afectando la biodiversidad acuática.

Para comprender de forma integral las condiciones territoriales y físicas que afectan a cada uno de los cuerpos de agua, se elaboró una caracterización técnica mediante mapas temáticos basados en información geoespacial del INEGI. A continuación, se presenta el análisis por cuenca:

Arroyo San Antonio:

El análisis del río San Antonio evidenció una fuerte influencia de actividades humanas en la zona media y baja de su cauce. El mapa base mostró que el arroyo atraviesa zonas con alta densidad poblacional y se encuentra en contacto directo con caminos, áreas agrícolas y asentamientos. Esta situación genera presión sobre el cauce y reduce su capacidad natural de autorecuperación.

El mapa de uso de suelo y vegetación indicó la presencia predominante de agricultura de riego y temporal, así como asentamientos humanos en las márgenes del arroyo. Además, se identificaron pastizales inducidos y vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia,

lo que refleja una pérdida considerable de la vegetación nativa, disminuyendo la capacidad de infiltración del suelo y aumentando el escurrimiento superficial.

Desde el punto de vista edafológico, se identificaron suelos del tipo Feozem y Fluvisol, que son fértiles y comúnmente utilizados en zonas agrícolas e inundables. Las texturas de suelo en esta cuenca, principalmente medias y finas, fueron utilizadas como parámetros en el cálculo de escurrimientos mediante el método SCS-CN, lo que permitió estimar el comportamiento hidrológico de la cuenca ante distintos escenarios de precipitación.

En cuanto a su configuración geológica, el mapa de geología ambiental mostró zonas con materiales de alta porosidad, presencia de erosión laminar y áreas de recarga de acuíferos. Estas características hacen del arroyo San Antonio un componente clave del sistema hídrico subterráneo local, pero también lo hacen vulnerable ante procesos de degradación intensiva.

Desde una visión técnica, se concluye que el arroyo San Antonio enfrenta problemáticas asociadas a la ocupación no planificada del territorio, la descarga de aguas residuales no tratadas, la pérdida de cobertura vegetal y la alteración del equilibrio natural del sistema ribereño.

Arroyo Salado:

El río Salado atraviesa una cuenca de mayor extensión y presenta una problemática ambiental de carácter multifactorial. A través del mapa base, se identificaron localidades como El Refugio y Huaxtla, conectadas al cauce mediante caminos y sistemas viales, con una notable expansión urbana en las proximidades del río. Estas condiciones agravan los procesos de contaminación por aguas residuales y escurrimientos agrícolas.

El mapa de uso de suelo y vegetación evidenció un predominio de agricultura de riego permanente y semipermanente, así como la existencia de asentamientos humanos dispersos a lo largo de la cuenca. Aunque aún persiste bosque de encino-pino en zonas más elevadas, se observa un avance significativo de la vegetación secundaria, señal de degradación progresiva de los ecosistemas originales.

En el análisis edafológico, se observó que predominan suelos como Regosol y Litosol, de baja profundidad y alta susceptibilidad a la erosión, especialmente en pendientes. Las texturas de estos suelos, que varían entre media y gruesa, incrementan la velocidad del escurrimiento superficial, facilitando el arrastre de contaminantes hacia el cauce principal.

Desde el punto de vista geológico, el mapa correspondiente mostró zonas con materiales plásticos con capacidad de adquirir propiedades de viscosidad, así como la presencia de conos aluviales y depósitos de talud. También se localizaron zonas de recarga de acuíferos, actualmente expuestas a la sobreexplotación y contaminación por falta de regulación ambiental. Estas condiciones implican riesgos tanto hidrológicos como geotécnicos.

En conjunto, el río Salado enfrenta afectaciones por descargas agrícolas e industriales, ocupación irregular del territorio, pérdida de vegetación de ribera y riesgos estructurales por inestabilidad del terreno. Su restauración requerirá acciones coordinadas que integren criterios técnicos, sociales y normativos.

1.4. Planeación de alternativas

Objetivo: Recuperación y conservación de ecosistemas hídricos		
Beneficio o impacto	Uso	Resultado
Definición de estrategia de biorremediación.	Las comunidades de San Antonio y San Pedro Valencia, discuten alternativas para la conservación y mejoramiento del arroyo.	Caracterización de cuerpos de agua: ríos y arroyos

Con base en lo anterior, se ha organizado el siguiente plan de trabajo que corresponde a lo presentado en el punto 1 del presente trabajo, que se resume a:

1. Investigación documental en fuentes del INEGI.
2. Uso del software Antares del INEGI.
3. Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para procesar capas de información y generar mapas temáticos.
4. Uso de software Excel para el cálculo del volumen de escurrimiento de las cuencas y determinar el escurrimiento superficial bajo diferentes periodos de retorno, con base en la metodología del Servicio de Conservación de Suelos de E.E.U.U. (SCS-CN) y la fórmula racional para el caudal pico.

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

El desarrollo de la propuesta de mejora se realizó siguiendo el plan de trabajo establecido, avanzando de forma cronológica y realizando ajustes conforme surgieron necesidades específicas. Inicialmente, se llevó a cabo la recolección de información documental a partir

de fuentes oficiales del INEGI, enfocándose en datos topográficos, hidrológicos y socioeconómicos. A continuación, se utilizó el software Antares para intentar extraer información más específica de la cuenca, aunque se encontraron limitaciones en el detalle de los datos disponibles.

Ante esta situación, se decidió reforzar la generación de mapas mediante QGIS, integrando capas temáticas de uso de suelo, vegetación, tipos de suelo, densidad poblacional, niveles educativos, servicios de salud, vivienda y actividades económicas, como agricultura e invernaderos. Paralelamente, se utilizaron herramientas de Google Earth Engine para complementar el análisis espacial e hidrológico, y se empleó Excel para calcular escurrimientos de agua basados en las características morfológicas y climatológicas de la cuenca.

Estos procedimientos permitieron generar diversos productos que dan cuenta del trabajo realizado, tales como mapas temáticos detallados, tablas de datos, y cálculos de escurrimiento. No existe ninguna restricción de confidencialidad sobre la información manejada, ya que proviene de fuentes públicas oficiales.

El resultado principal de este proceso ha sido la construcción de una base de datos robusta y la generación de material cartográfico y analítico que permitirá, en etapas posteriores, un diagnóstico preciso de la situación hidrológica de los arroyos San Antonio y Salado. La estrategia seguida permitió corregir y fortalecer aspectos del plan inicial, mejorando así la calidad de la caracterización propuesta. De esta forma, los resultados presentados reflejan un proceso técnico y metodológicamente sólido, adaptado a las circunstancias reales del proyecto.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

El nivel de alcance de los resultados obtenidos es consistente con el objetivo principal planteado al inicio del proyecto: caracterizar las condiciones físicas, sociales y económicas de las cuencas de los arroyos San Antonio y Salado. La recolección sistemática de datos, el procesamiento de información y la generación de mapas temáticos permitieron construir una base sólida de conocimiento, esencial para futuros análisis e intervenciones.

Uno de los productos más relevantes fue el **cálculo del escurrimiento superficial y del caudal pico** bajo distintos periodos de retorno, utilizando el método **SCS-CN** para obtener la **precipitación efectiva** y la **fórmula racional** para calcular el caudal máximo. Este análisis se realizó a partir de variables como: uso del suelo, tipo de suelo, condiciones de humedad antecedente, intensidad de lluvia y área total de la cuenca, sin considerar propiedades geométricas del canal como sección transversal, pendiente o rugosidad. Por lo tanto, **los valores de caudal obtenidos deben considerarse como teóricos**, útiles para estimar órdenes de magnitud y tomar decisiones preliminares, pero no como representaciones exactas del comportamiento hidráulico por tramo.

En el caso del arroyo San Antonio, se estimaron caudales máximos de hasta **3,076.94 m³/s** y volúmenes superiores a **11 millones de m³** en eventos extremos ($Tr = 200$ años). Para el río Salado, los valores máximos fueron de **1,392.41 m³/s** y más de **5 millones de m³**, lo que refleja un comportamiento más moderado debido a su menor CN y superficie.

Un aprendizaje clave que asegura la posibilidad de replicar o transferir este proceso a otros contextos es el dominio de herramientas como **QGIS** y **Google Earth Engine** para el tratamiento de información geoespacial, así como la capacidad de combinar fuentes de datos públicas con criterios hidrológicos y análisis multiescalares. Otro elemento fundamental fue el uso de la **metodología de cadena de impactos**, que permitió mantener el enfoque estratégico a lo largo del desarrollo.

Para que este proyecto pueda gestionarse de manera continua y autónoma desde la comunidad, será necesario fortalecer la capacitación de actores locales en el manejo de herramientas SIG y en la interpretación básica de datos hidrológicos y sociales. También deberá completarse el **levantamiento topográfico pendiente**, lo cual brindará la precisión necesaria para realizar cálculos hidráulicos por tramo, y para el diseño específico de soluciones estructurales o de biorremediación.

En conclusión, los aprendizajes adquiridos en el manejo de datos espaciales, el análisis hidrológico y la adaptación metodológica son elementos que no solo aseguran la continuidad de este proyecto, sino que sientan las bases para su mejora y aplicación en futuros escenarios de intervención socioambiental.

1.7. Bibliografía y otros recursos

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Conjunto de datos vectoriales de hidrología superficial escala 1:50 000, serie III. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463831113>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie VI. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017).

QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System [Software]. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

1.8. Anexos generales

- Informe hidrológico
- Memoria descriptiva

Arroyo San Antonio:

- Mapa Base
- Mapa de Uso de Suelo y vegetación
- Mapa de Edafología
- Mapa de Geología Ambiental

Arroyo Salado:

- Mapa Base:
- Mapa de Uso de Suelo y vegetación:
- Mapa de Edafología:
- Mapa de Geología Ambiental

2. Productos

Como productos para **ambos arroyos**, seleccionando la cuenca perteneciente a los mismos como el área de estudio, se entregarán a las organizaciones lo siguiente:

Arroyo Salado:

Mapa Base:

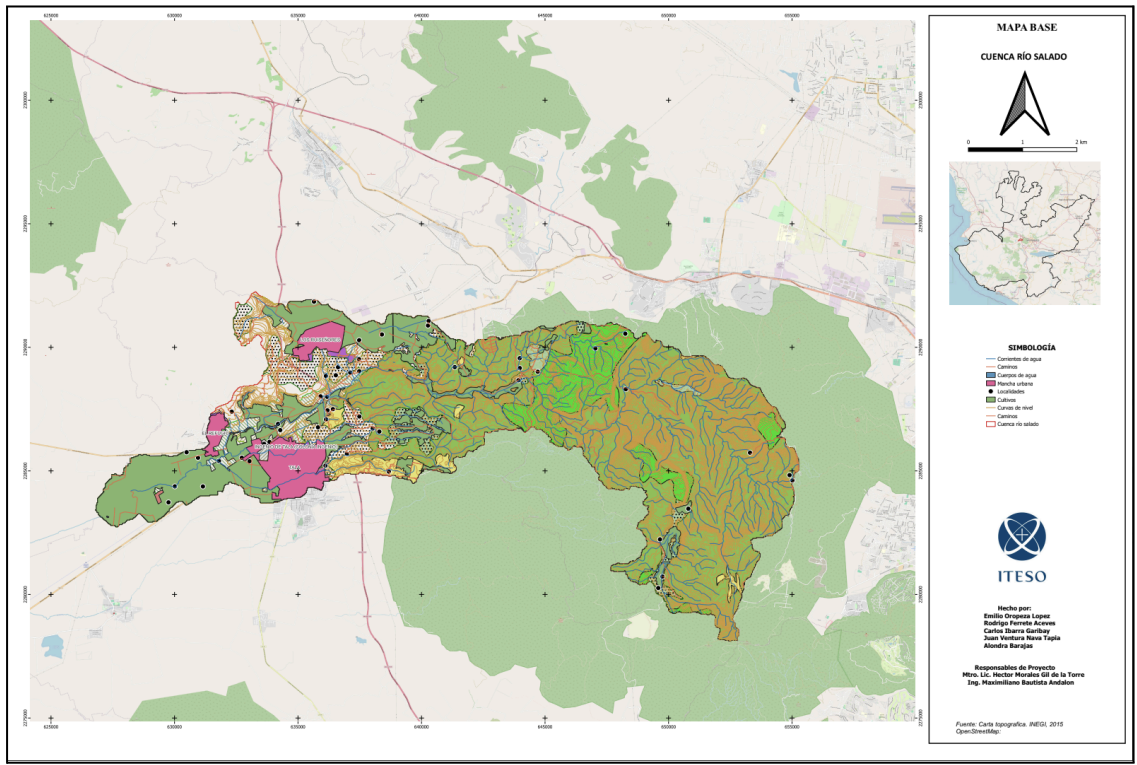


fig. 5 (mapa de uso de Geología Ambiental, arroyo San Antonio)

Mapa de Uso de Suelo y Vegetación:

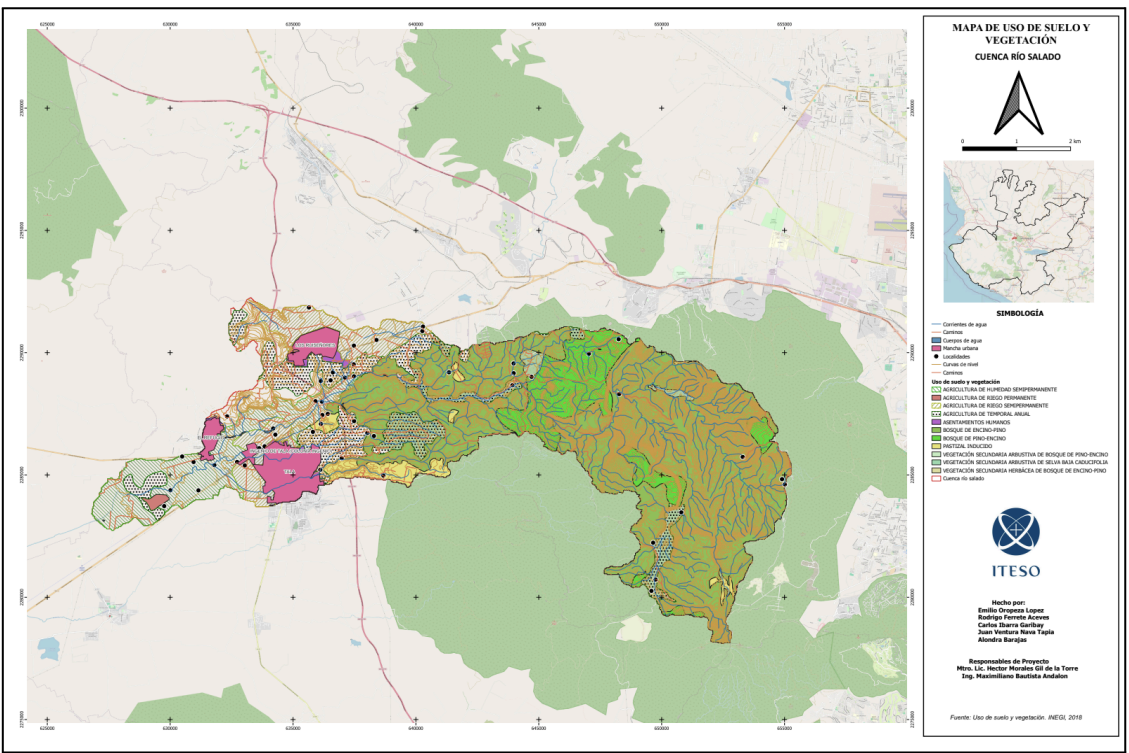


fig. 6 (mapa de uso de suelo y vegetación, Río salado)

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El desarrollo de este proyecto nos permitió comprender que la labor profesional va más allá del análisis técnico o la generación de productos. A través del estudio de las cuencas de los arroyos San Antonio y Salado, nos enfrentamos a una realidad donde los problemas ambientales están estrechamente ligados a condiciones sociales, económicas y políticas. Esto nos llevó a cuestionar el papel de la ingeniería civil en contextos donde las comunidades enfrentan desigualdades estructurales y carecen de voz en los procesos de gestión del agua.

Aunque el proyecto tuvo limitaciones, como la imposibilidad de realizar trabajo de campo, supimos adaptar la metodología y aprovechar al máximo las fuentes secundarias. Esta experiencia fortaleció nuestras habilidades para trabajar en equipo, tomar decisiones éticamente informadas y generar propuestas útiles para actores comunitarios y municipales.

En conjunto, esta experiencia nos dejó una visión más crítica y comprometida sobre cómo intervenir profesionalmente en problemáticas reales, y reafirmó nuestra responsabilidad de contribuir, desde la ingeniería, a la construcción de soluciones justas, sostenibles y sensibles al contexto.

3.1 Sensibilización ante las realidades

Desde las primeras etapas del Proyecto de Aplicación Profesional, nos enfrentamos a una realidad socioambiental que superó las perspectivas técnicas con las que normalmente abordamos los proyectos como estudiantes de ingeniería. El contacto con las problemáticas de los arroyos San Antonio y Salado, y particularmente con la forma en que estas afectan directamente a comunidades como San Pedro Valencia, El Refugio y Huaxtla, nos permitió tomar conciencia de las desigualdades en el acceso al agua, a la salud y al derecho a un medio ambiente sano.

A medida que avanzábamos en el levantamiento de información y la elaboración de mapas, nos dimos cuenta de que estábamos visibilizando un problema estructural que va más allá de lo técnico: la contaminación de los arroyos refleja el abandono institucional, la falta de planeación urbana y ambiental, y la exclusión histórica de ciertas comunidades. Esta constatación generó en nosotros sentimientos de frustración, pero también nos motivó a realizar un trabajo más comprometido y con mayor responsabilidad ética.

Nuestro involucramiento fue principalmente técnico, pero el análisis territorial y social de las cuencas nos permitió observar las distintas capas de realidad que afectan a los habitantes de estas zonas. Reflexionamos sobre cómo nuestras decisiones profesionales pueden tener implicaciones positivas o negativas en contextos frágiles, y cómo es necesario actuar con sensibilidad social y pensamiento crítico. Esta experiencia despertó en nosotros no solo un compromiso técnico, sino una ética profesional que reconoce la importancia de la participación comunitaria y del respeto a los saberes locales.

Nos posicionamos frente a esta problemática con la convicción de que la ingeniería civil debe entenderse no sólo como una herramienta de construcción física, sino como un medio para promover la justicia ambiental, la equidad territorial y la sostenibilidad. En ese sentido, el PAP representó para nosotros un punto de inflexión en la manera en que concebimos el ejercicio profesional.

3.2 Aprendizajes logrados

A lo largo de nuestro trayecto, como equipo logramos consolidar diversas competencias disciplinares, sociales y universitarias. Desde el punto de vista técnico, profundizamos en el manejo de herramientas geoespaciales como QGIS, Antares y bases de datos del INEGI, lo cual nos permitió integrar, procesar y analizar grandes volúmenes de información para construir un diagnóstico ambiental completo. Aprendimos a estructurar mapas temáticos que combinan datos físicos, sociales y económicos para representar las condiciones reales de las cuencas de los arroyos San Antonio y Salado.

Uno de los mayores retos fue adaptarnos a trabajar exclusivamente con fuentes secundarias, ante la imposibilidad de realizar el levantamiento topográfico planeado. Esto nos obligó a ser creativos, rigurosos y colaborativos, reorganizando nuestras tareas y optimizando el análisis con los recursos disponibles. Esta adaptación nos permitió darnos cuenta de nuestras capacidades para enfrentar dificultades reales de un proyecto técnico con flexibilidad, estrategia y sentido profesional.

En el plano social, desarrollamos habilidades de trabajo en equipo, comunicación técnica y colaboración multidisciplinaria. Dialogamos con colectivos ambientales, actores institucionales y docentes, lo que enriqueció nuestra visión del proyecto y nos permitió generar productos que tienen utilidad real para quienes habitan y defienden estos territorios.

A nivel personal y ético, este PAP nos permitió comprender que el conocimiento técnico solo cobra sentido cuando se pone al servicio del bien común. Aprendimos a ver la ingeniería como una práctica social que debe ser capaz de transformar realidades desde una perspectiva sensible, ética y sustentable.

En suma, esta experiencia representó una formación integral, donde los aprendizajes no solo fueron académicos, sino profundamente humanos y profesionales. Nos vamos con herramientas técnicas sólidas, pero también con una conciencia renovada sobre el papel que queremos jugar en el mundo como futuros profesionistas.