

# **Georreferenciación de vertimientos industriales y su relación con el Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira – Risaralda**

## **Georeferencing of industrial dumping and their connection with the Territorial Planning Plan of Pereira - Risaralda**

Bryan Daniel Moreno Martínez <sup>1</sup>, Mateo Londoño Betancur <sup>2</sup> Edwin Andrés Mancilla Rico<sup>3</sup>

### ***Resumen***

El artículo de investigación se enfocó en la georreferenciación de puntos de vertimientos no domésticos generados por algunas industrias en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda. El objetivo principal fue comparar la ubicación de estos vertimientos con las disposiciones del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) para determinar si se cumplen las regulaciones establecidas teniendo en cuenta si los puntos de interés se localizan en las áreas protegidas o de interés ambiental. Se generó un mapa temático a partir de la identificación y registro de las coordenadas geográficas de los vertimientos industriales no domésticos en el área de estudio, teniendo como fuente de datos expedientes brindados por la CARDER, así como otros datos de interés del punto de cada empresa. Estos puntos fueron mapeados con precisión en el territorio. Luego, se obtuvo la información geográfica de interés del Plan de Ordenamiento Territorial, que contiene las zonas designadas para actividades industriales y las restricciones ambientales. Utilizando la información obtenida se escogió un software SIG de código abierto, como lo es QGIS® se generó el mapa temático el cuál contrasta los puntos de interés con las zonas de interés ambiental para a partir de este poder realizar conclusiones en lo que respecta a cumplimiento y coherencia de las zonas de protección, cuencas más afectadas y sectores críticos de las fuentes hidrográficas estudiadas.

Palabras Clave: Coordenadas, Georreferenciación, Mapa Temático, Río, Vertimientos.

### ***Abstract***

The research article focused on the georeferencing of non-domestic discharge points generated by some industries in the municipality of Pereira, department of Risaralda. The main objective was to compare the location of these discharges with the provisions of the Territorial Planning Plan (POT) to determine if the established regulations are met, considering whether the points of interest are located in protected areas or areas of environmental interest. A thematic map was generated from the identification and registration of the geographical coordinates of non-domestic industrial discharges in the study area, having as a data source file provided by CARDER, as well as other data of interest from the point of each company. These points were

---

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de Ing. civil, Universidad Libre Seccional Pereira. bryand-morenom@unilibre.edu.co

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de Ing. civil, Universidad Libre Seccional Pereira. mateo-londonob@unilibre.edu.co

<sup>3</sup> Docente del Programa de Ing. civil, Universidad Libre Seccional Pereira. edwin.mancillar@unilibre.edu.co

precisely mapped in the territory. Then, the geographical information of interest was obtained from the Territorial Planning Plan, which contains the areas designated for industrial activities and environmental restrictions. Using the information obtained, an open-source GIS software was chosen, such as QGIS®, the thematic map was generated which contrasts the points of interest with the areas of environmental interest in order to draw conclusions regarding compliance. and coherence of the protection zones, most affected basins and critical sectors of the hydrographic sources studied.

*Keywords: Coordinates, Dumping, Georeferencing, Thematic Map, River*

## **1. Introducción**

A la hora de realizar un diagnóstico urbano de carácter ambiental en alguna región o centro urbanístico, existen ocasiones en las que es necesario una fuente de información acerca del estado de los vertimientos generados por esta misma zona, esta información necesariamente debe ser clara, concisa, actualizada y, además representativa para la población de la misma zona, que sea de carácter abierto para que posibles usuarios de interés como lo son profesionales del área, estudiantes o investigadores puedan hacer uso libre de ésta sin restricciones. (Ferreira et al., 2020; Daft et al., 2011; Rients et al., 2022).

Partiendo de este contexto, también se sabe que, muchos de los factores que a su vez hacen difícil la búsqueda u obtención de esta información pueden ser factores de mano de obra para realizar la labor, o bien, las fuentes de información son de difícil acceso, por lo cual se presenta la oportunidad de la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) para hacer más simple la interpretación y representación de este contenido, a su vez poder representar una base para investigaciones futuras que combinen tecnologías de diferentes tipos e información como son las imágenes RASTER, LIDAR, entre otros. (McGuigan et al., 2015; Hong et al., 2017) De esta manera si es garantizada una fuente de información confiable se podrá realizar una correcta caracterización y uso del software. (Zhang et al., 2015). De esta forma la investigación se localizó en el área urbana del municipio de Pereira, capital del departamento de Risaralda, municipio de Colombia.

A raíz de la investigación realizada, posiblemente se podrán detectar problemas de mantenimiento, falta de revisión y, claramente el impacto en el ciclo hidrológico los cuáles son generados por la red de alcantarillado municipal (Pan et al., 2020; Held y Soden, 2006; Fewtrell y Kay, 2015; Overbey et al., 2015; Al-Bahry et al., 2009; Cabral-Oliveira et al., 2014) estos problemas detectados servirán también como materia de estudio a la hora de plantear propuestas por parte de autoridades competentes como la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), haciendo uso de herramientas pertinentes como lo es el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), además de que estos entes se benefician en el ahorro de tiempo que conlleva realizar estos procesos, que a su vez, representan oportunidades de mejora para la comunidad, haciendo énfasis en el medio ambiente.

El agua, al igual que otros recursos naturales ha ganado bastante relevancia en las últimas décadas pues el cambio climático y la explotación constante de esta la ha vuelto el objetivo de

múltiples investigaciones que buscan encontrar la mejor ganancia de este recurso, como lo son las energías renovables, (Valenti y Toscano, 2002; Piao et al., 2022; Li et al., 2022; Whitehead et al., 2009). A continuación se mostrará y colocará en evidencia la herramienta de diagnóstico propuesta entendiendo el contexto generado por los vertimientos de carácter industrial en el municipio de Pereira, el cual ha tenido un crecimiento demográfico en las últimas décadas, así como los ingresos de su población, y expansión urbana, factores los cuales son determinantes en la contaminación de una ciudad (Liu et al, 2015) entendido como la descarga de aguas servidas o que ya cumplieron el propósito para el que fueron dispuestas en la urbe, ya que estos vertimientos son de carácter industrial (Aguas no domésticas), es decir, las aguas vertidas al posterior uso de sus actividades como lo son agricultura, piscicultura, metalurgia, textiles entre otros; que claramente afectan la calidad del agua como lo demuestra el estudio de Metcalfe et al. (2003) Teniendo en cuenta que los vertimientos de un casco urbano a partir de la normativa vigente deben recibir una medición de manera periódica, ya sea utilizando ensayos de laboratorio, indicadores biológicos para determinar la calidad presente en los efluentes.

Las bases de datos generada por la toma de estos vertimientos son manejadas y guardadas por autoridades competentes como la CARDER, sin embargo, debido a que el creciente aumento que ha tenido la ciudad, así como el desarrollo incremental que ha tenido la industria local, genera un impacto en los vertimientos generados por la urbe. Ante esta oportunidad presentada y el gran desarrollo y beneficios en cuanto a ampliación de posibilidades y optimización de tiempos que nos han traído los Sistemas de Información Geográfica, (SIG), pues ya se tiene por entendido que son una de las principales bases de la investigación moderna (Skorbiłowicz, M., y Skorbiłowicz, E, 2016; Wright et al., 1997; Lu et al., 2019; Devkota et al., 2019; Ahmadi et al., 2021; Gavrilenko et al., 2022), nos permitió idear una herramienta la cual aprovecha las bases de datos recolectadas de distintos parámetros de los vertimientos industriales registrados por los municipios y anidarlos a un SIG para la facilitación de análisis e interpretación de esta información además de presentarse de forma más clara y concisa. Esto permite abrir las puertas a una posible extensión futura de la investigación teniendo en cuenta que inclusive los SIG ya se han extendido al campo de las aguas residuales y con sólo saber la topología y caracterización de un sistema permite la visualización y entrega de resultados dinámicos de estos. (Skorbiłowicz, M., y Skorbiłowicz, E, 2016).

Se tiene el riesgo principal que puede generar los cuerpos de agua y buscar qué relación tiene el suelo colindante con estos riesgos, como lo indica Skorbiłowicz, (2016) y Abedi-Astaneh et al. (2016), existen distintas herramientas que nos permiten identificar aquellas zonas utilizando funciones propias de los sistemas de información geográfica (SIG) como la generación de mapas temáticos, a través de capas multipropósitos, además de realizar dichos mapas con un enfoque hacia la contaminación de dichos afluentes y los agentes que lo provocan ayudándose de una georreferenciación y caracterización de la zona.

Valentini (2021) realizó una caracterización de la zona italiana en base de datos obtenidos y la georreferenciación de distintos puntos de esta zona con la finalidad de obtener información del potencial agrícola que tiene y podría tener con las técnicas de reutilización de agua que se postularon.

Inicialmente se tiene que a partir de los vertimientos industriales en los diferentes afluentes hídricos como el río Otún, el río la Vieja, el río Consota, entre otros, se derivan significativos impactos en la región como lo pueden ser, el económico, social y ambiental, que, repercuten indudablemente en la sociedad, inclusive sirviendo a veces de detonantes de enfermedades de interés general. (Hu et al., 2015; Mmbando et al., 2011; Peterson 2008).

Existe un riesgo significativo asociado con la descarga de desechos industriales a cuerpos de agua. Estos vertidos suelen contener altas concentraciones de materia orgánica y contaminantes, que pueden tener efectos perjudiciales para el medio ambiente y alterar el estado natural de las masas de agua (Bakke et al., 2013; Hook et al., 2014), en el aspecto ambiental las consecuencias de dichos vertimientos son evidentes, contaminando cuerpos de agua superficiales con metales pesados y otros agentes. (Yadav et al., 2016).

Si se desea observar en materia económica, se tienen efectos negativos debido a la infertilidad de los suelos producto de los vertimientos, que desencadenan la incapacidad en muchos sectores económicos, a la hora de desarrollar las diferentes actividades de sustento, como lo son la ganadería, la agricultura, entre otros. (Ali et al., 2014; Yan et al., 2018; Khan et al., 2022).

En pro de mejorar, lo que se busca con esta herramienta de diagnóstico es contribuir socialmente con el libre acceso a una herramienta, valga la redundancia, que permita la búsqueda de información sin impedimento alguno en la región, pues una gran necesidad de los SIG es su constante actualización (Sinske y Zietsman, 2002) cuya finalidad es la de agilizar procesos, contribuyendo con la capacitación de todo el sector industrial en cuanto a los vertimientos, y así, mitigar el impacto negativo en los afluentes hídricos, generando un impacto económico representativo, al no ser fuente principal de la contaminación.

Formular una herramienta gráfica, ayudándose de los SIG, los cuáles al día de hoy representan una gran herramienta de bastantes disciplinas, gracias a su fácil manera de acceder y gestionar la información. (Skorbiłowicz y Skorbiłowicz, 2016) es alimentada por las bases de datos locales, además de que pueda ser ofrecida por los entes gubernamentales, que sea fácil y clara a la hora de la interpretación, sencilla de actualizar, que brinde información específica o si se requiere un diagnóstico general o un monitoreo de la red existente y sus puntos de interés de la red de alcantarillado de la ciudad de Pereira acerca de los impactos generados por el sector industrial y su vertimiento en la red municipal de los acueductos (Domookos et al., 2022) para de esta manera ser de interés general y servir de apoyo para futuras investigaciones o si se requiere, que pueda servir de referencia para el público en general. Para posteriormente realizar una evaluación o análisis teniendo en cuenta la congruencia que arroje la comparación entre los resultados obtenidos o notados con el uso del suelo destinado para el municipio según el POT para así generar propuestas de mitigación de este impacto a partir de los hallazgos encontrado. (Kruszyński y Dawidowicz, 2020)

## **2. Materiales y métodos**

El epicentro de la investigación se ubica en la ciudad de Pereira por su innegable actividad industrial, especialmente en los sectores textil, alimenticio y metalmeccánico. Esta actividad industrial genera la liberación de aguas residuales que deben ser tratadas adecuadamente antes de

ser descargadas al entorno. Estos vertimientos industriales contienen una variedad de contaminantes, entre los que se incluyen materia orgánica, sólidos suspendidos, aceites y grasas, metales pesados, colorantes y otros productos químicos.

La entidad ambiental encargada, la CARDER, realiza labores de supervisión y control sobre las actividades industriales, pero es evidente que se necesita una mayor supervisión y una actualización tecnológica de los sistemas de tratamiento. Es imperativo que las empresas inviertan en tecnologías limpias y en la gestión sostenible del recurso hídrico para reducir la carga contaminante que arrojan a las fuentes de agua de Pereira y su área metropolitana.

En ese orden de ideas, es esencial que haya una colaboración estrecha entre las industrias, las autoridades reguladoras y las comunidades locales para supervisar, controlar y reducir el impacto de la contaminación hídrica industrial en la región. Esto es fundamental para preservar los recursos naturales y proteger la salud de la población y el medio ambiente en Pereira y sus alrededores.

Por otra parte, el software empleado para el desarrollo del proyecto es QGIS®, abreviatura de Quantum GIS, es un Sistema de Información Geográfica (GIS) de código abierto y gratuito que ofrece una amplia gama de características esenciales para trabajar con datos geoespaciales. QGIS® está desarrollado en C++ y proporciona una plataforma sólida para visualizar, gestionar, editar y analizar datos geoespaciales. Esto lo convierte en una herramienta poderosa para una variedad de aplicaciones en el campo de la información geográfica.

También, es una aplicación multiplataforma que se ejecuta en varios sistemas operativos, como Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android. Esto permite a los usuarios acceder a sus proyectos y datos desde una amplia gama de dispositivos.

A su vez, QGIS® admite varios formatos de datos geoespaciales, incluyendo Shapefiles, GeoJSON, KML y bases de datos espaciales como PostGIS y SpatiaLite. También es capaz de trabajar con datos en formato ráster y puede visualizar imágenes satelitales. Ofreciendo herramientas poderosas de análisis espacial, que incluyen geoprocetamiento, álgebra de mapas, interpolación y muchas otras. Estas herramientas permiten a los usuarios realizar análisis avanzados de datos geoespaciales para obtener información valiosa. Presentando una interfaz gráfica amigable e intuitiva que facilita la creación y manipulación de mapas y datos. Esto lo hace adecuado tanto para usuarios principiantes como para profesionales con experiencia en SIG. Cuenta con una comunidad de desarrollo activa que contribuye a su mejora constante. Además, hay una abundante documentación y apoyo en línea, lo que facilita el aprendizaje y la resolución de problemas. Los mapas elaborados mediante este software se pueden publicar través de plugins como QGIS Server, lo que es especialmente útil para compartir información geoespacial con un público más amplio. (Gutiérrez, 2022)

Por lo que, QGIS® es una herramienta extremadamente versátil y de código abierto que encuentra aplicación en una amplia diversidad de áreas, abarcando desde profesionales especializados en Sistemas de Información Geográfica (SIG) hasta instituciones gubernamentales, proyectos ambientales y educativos, entre otros. La popularidad de QGIS® radica en su capacidad para manejar una extensa variedad de formatos de datos geoespaciales y

su robusto conjunto de herramientas para el análisis de información espacial. Esta combinación de flexibilidad y funcionalidad lo convierte en una opción altamente atractiva para cualquier persona o entidad que trabaje con datos geográficos.

En proyectos medioambientales, QGIS® desempeña un papel crucial al permitir la representación de datos geográficos en mapas, facilitando la toma de decisiones informadas sobre conservación, monitoreo de la biodiversidad, y la gestión sostenible de recursos naturales.

Como resultado de esta intensa labor de investigación, se ha desarrollado una herramienta de diagnóstico utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), en este caso, QGIS®. Esta herramienta no solo se centra en la localización de los puntos exactos donde las industrias realizan sus vertimientos, sino que también abarca varios aspectos normativos e informativos fundamentales. Esto incluye la consideración de conceptos técnicos emitidos por la autoridad competente en la región, la caracterización de afluentes hídricos receptores de los vertimientos industriales, el volumen de agua vertida, la resolución aplicable, en el caso de áreas donde se explotan recursos, licencias ambientales, la ubicación geográfica de las entidades relacionadas con el sector industrial, altitudes, números de identificación tributaria (NIT) asociados a cada industria y sus datos de contacto, como números de teléfono.

Esta herramienta de diagnóstico en QGIS® representa un enfoque integral para evaluar y comprender el impacto de las actividades industriales en el entorno. No se limita únicamente a la ubicación física de las descargas de aguas residuales, sino que también tiene en cuenta los marcos regulatorios, los aspectos ambientales y técnicos, y la información administrativa relacionada con las industrias en cuestión.

Esta aproximación holística no solo proporciona una representación espacial de los vertimientos industriales, sino que también permite a las autoridades, organizaciones medioambientales y otras partes interesadas tomar decisiones informadas sobre cómo abordar y regular la gestión del agua en la región. Además, facilita el monitoreo y la supervisión de las empresas industriales, lo que contribuye a una gestión más eficaz y sostenible de los recursos hídricos y a la protección del entorno natural.

Este contenido tiene una conexión significativa con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) debido a que su objetivo fundamental es evaluar y garantizar que los residuos producidos por las numerosas empresas que operan en el sector industrial se gestionen de forma apropiada.

La relación entre este contenido y el POT radica en que una gestión inadecuada de los residuos industriales puede tener un impacto significativo en la planificación territorial. Si los residuos no se manejan de manera adecuada, pueden dar lugar a problemas ambientales, de salud pública y urbanos, lo que a su vez puede afectar la calidad de vida de la población local y la sostenibilidad de la región en su conjunto.

Por lo tanto, el contenido se enfoca en evaluar si las empresas industriales están cumpliendo con las regulaciones y los estándares establecidos en el POT en relación con la gestión de residuos. Esto implica verificar que se estén utilizando prácticas seguras y ambientalmente responsables para el tratamiento y la disposición de los residuos generados en el proceso industrial. Además,

asegura que se estén tomando medidas para prevenir la contaminación del suelo y el agua, así como para minimizar los impactos negativos en el entorno urbano y rural.

Finalmente, como producto resultante los resultados y las conclusiones que podrán servir para futuras investigaciones de mitigación de riesgos como lo son barreras biológicas, zonas de amortiguamiento, entre otros. Duan, Y et al. (2021).

### 3. Resultados y discusión

Cumpliendo con los objetivos presentes en la actual investigación, se determinó realizar una recopilación y tratamiento de los datos registrados, con el fin de registrar cada parámetro de interés generado por los conceptos técnicos de los vertimientos en estudio, como lo son el ph, sólidos suspendidos, nitratos, sulfatos, presencia de metales pesados cuya presencia cada vez más común en las distintas emisiones por parte de actividades antrópicas han despertado la preocupación a nivel global. (Tian et al., 2015).

#### 3.1 Caracterización de las empresas

De esta manera se recopiló la información de interés, como parámetro fundamental se tendría el caudal de los vertimientos, información de la empresa, sus coordenadas en sistema WGS y la posterior caracterización del vertimiento. Las diez empresas seleccionadas fueron elegidas en cuanto a su relevancia (Representativa en la región, así como de su caudal, el cual debía ser necesariamente significativo) además de su posición geográfica, para poder definir un mapa temático distribuido en el municipio así como también utilizar varias fuentes hídricas en las que llegan los efluentes no domésticos para ser objeto de estudio. A continuación, se mostrará la Tabla 1, la cual contiene la lista de empresas seleccionadas y una breve descripción de sus actividades, para posteriormente relacionar sus respectivos parámetros y las coordenadas ya que son datos esenciales por si en un futuro investigadores de diversas ramas que mezclen ambos ámbitos (hidráulico y de información espacial) como la hidroinformática, puedan hacer uso efectivo de los datos. (Elshorbagy et al., 2010).

**Tabla 1**

*Empresas seleccionadas para la georreferenciación.*

Empresa	Actividades o Naturaleza de la empresa
Postobón Pereira	Producción de bebidas azucaradas
Pez Fresco	Piscícola
Cantera Combia	Extracción de materiales de construcción
Suzuki Pereira	Ensamblaje, comercialización y postventa de vehículos
Alen + Pro	Elaboración de productos de molinería, aceites y materias primas agropecuarias

Papeles Nacionales	Fabricación, conversión y comercialización de productos de cuidado personal
Coats Cadena	Acabado de Productos Textiles y Fabricación de Telas Recubiertas
San Marino	Agroavícola
Frigorífico del Otún	Planta de beneficio y desposte bovino, bufalino y porcino
Pimpollo	Avícola

Tal y como lo indican Rydlewski et. al (2022) la planeación del desarrollo de las ciudades en los últimos años se ha vuelto un tema de interés general en las gobernaciones regionales, para ello se accede a sistemas de información geográfica que permitan analizar y procesar la información recopilada, en este caso la caracterización e información de cada empresa y así mismo utilizando un software de código abierto como lo es QGIS ®. Así mismo, para poder ser exportada dicha información primero debió ser tratada en un formato que permitiera dicha acción (Como lo es en formato .txt o .csv), debido a ello se organizó toda la información en la Tabla 2, separada por columnas en Excel, en ambos formatos y posteriormente se importó desde el software.

**Tabla 2**

*Caracterización de los vertimientos de cada empresa. Fuente: Autores.*

Empresa	NORTE	ESTE	Caudal (L/s)	Fuente a la que vierte	Resolución
Postobón					
Pereira	531921.287	415475.192	1.75	Rio Consota	1938 de 30/Jul/2019
Pez Fresco	523059.412	436164.412	986	Rio Barbo	365 Marzo 2020
Cantera					CARDER N° 22 de 2014, 827, 936, 359, 41108, 1463 (Licencia Ambiental) Y Res. 0798
Combia	532873.132	417643.842	0.0181	Rio Otún	29/Marzo/2019
Suzuki				Quebrada	
Pereira	531594.739	408812.873	0.286	Grande	2126 de 27/Ago/2019
Alen + Pro	526348.714	399455.729	0.416	Rio La Vieja	N/A
Papeles Nacionales	526168.396	399590.122	94.63	Rio La Vieja	3200 de 2019
Coats					
Cadena	531837.784	425185.129	4.748	Rio Otún	3025 del 18/11/2019
San Marino	532853.632	420762.936	16	Rio Otún	2754 del 2018
Frigorífico del Otún	533052.608	418109.117	8	Rio Otún	2310 de 2018



Pimpollo	530765.681	426756.878	19.56	Rio Otún	2372 de 2019
----------	------------	------------	-------	----------	--------------

Empresa	Concepto técnico	Ubicación	Altitud	Caracterización	NIT	Teléfono
Postobón Pereira	01445 de 17/Jun/2021	Calle 100 #14-80 Belmonte	1212	SI	8909039 39-5	(606) 320 5099
Pez Fresco	2604 de 12/nov/2020 y 437 de 7/marzo/2020	Vía la suiza desvío Pez Fresco	2092	SI	8000726 561	(606) 321 6039
Cantera Combia	02448 29/Oct/2020	Km 3 vía Pereira - Marsella, vereda Combia, Sociedad Cantera de Combia S.A.S	1331	SI	8160050 841	310 228 9109
Suzuki Pereira	00483 18/Marzo/202 1	K 15 Vía Pereira - Cartago	1770	SI	8914101 372	(606) 313 9691
Alen + Pro	01246 1/jun/2021	Cra 4 #2310. Puerto Caldas	990	SI	8001836 42-5	310 395 2058
Papeles Nacionales	2543 de 2019	Entrada Papeles Nacionales, Puente Simón Bolívar Vía Pereira - Cartago	934	SI	8914003 788	(606) 209 5000
Coats Cadena	142 de 27/ene/2021, 612 de 14/mar/2022, 787 de 30/mar/2022 y 1018 de 26/abril/2022	Cra.9 #5E-87	1411	SI	8909002 656	(606) 339 8200
San Marino	008944 del 21/Nov/2018	Variante Turin - La Popa - Entrada propia	1290	SI	8300168 68-7	(602) 485 2711
Frigorífico del Otún	2600 del 12/Nov/2020	Km 3 Vía Marsella	1277	SI	9002564 956	(606) 329 8000
Pimpollo	3053 15/Dic/2020	Km 2 Vía la Florida	1449	SI	8914018 586	(606) 331 6888

<b>Empresa</b>	<b>pH</b>	<b>DQO</b>	<b>DBO5</b>	<b>Solidos Suspendidos Totales (SST)</b>	<b>Solidos Sedimentables</b>	<b>Grasas y Aceites</b>	<b>SAAM</b>	<b>Ortofosfatos</b>	<b>Fosforo Total</b>
Postobón Pereira	7.61 - 8.57	162	66.9	45	0	1.37	N/A	N/A	N/A
Pez Fresco	N/A	246	31.3	20.8	0.1	10	0.65	54.1	14.4
Cantera Combia	7.4	126	28.6	37.8	0.3	<10	N/A	N/A	12.2
Suzuki Pereira	N/A	<25	7.72	N/A	N/A	7.72	N/A	N/A	N/A
Alen + Pro	N/A	213 - 114	128.5 - 78	74.53 - 87.83	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Papeles Nacionales	7.26 - 7.42	481.9	183.3	38.7	N/A	<10	N/A	7.12	8.22
Coats Cadena	7.72 - 7.84	144	< 13.9	7	0	2.45	N/A	N/A	1.28
San Marino	6.63 - 6.97	129	ND	11.3	0.05	1.3	N/A	N/A	18
Frigorífico del Otún	6.87 - 7.20	69.6	25.6	42.8	0	2.86	N/A	N/A	0.425

<b>Empresa</b>	<b>Nitratos</b>	<b>Nitritos</b>	<b>Nitrógeno Amoniacal</b>	<b>Nitrógeno Total</b>	<b>Cloruros</b>	<b>Sulfatos</b>	<b>Acidez Total</b>	<b>Alcalinidad Total</b>	<b>Dureza Cálctica</b>	<b>Dureza Total</b>
Postobón Pereira	<0.2	0.0666	N/A	N/A	57.4	22.1	N/A	N/A	N/A	N/A
Pez Fresco	34	0.48	57.4	95.6	44.6	8.43	58.6	282	30.3	99.5
Cantera Combia	1.56	0.021	95.62	105.03	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Suzuki Pereira	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11.8	314	<5	30.6
Alen + Pro	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Papeles Nacionales	1.17	<0.0152	<1	10.925	37.4	<15	<6.8	219.8	49.5	86.6
Coats Cadena	< 0.200	0.0091	N/A	N/A	18	141	N/A	300	N/A	N/A
San Marino	179	N/A	N/A	N/A	179	N/A	N/A	57.6	N/A	N/A

Frigorífico del Otún	4.44	0.056	N/A	N/A	292	46.6	N/A	235	N/A	N/A
Pimpollo	< 5.00	0.02	3.71	25.22	55.71	73.07	33.58	55.07	53.49	82.59

Empresa	Color Real (Medidas de absorbancia a 436nm)	Color Real (Medidas de absorbancia a 525nm)	Color Real (Medidas de absorbancia a 620nm)
Postobón			
Pereira	N/A	N/A	N/A
Pez Fresco	1.56	0.56	0.24
Cantera Combia	N/A	N/A	N/A
Suzuki Pereira	0.62	0.16	<0.1
Alen + Pro	N/A	N/A	N/A
Papeles Nacionales	0.7	0.2	0
Coats Cadena	N/A	N/A	N/A
San Marino	N/A	N/A	N/A
Frigorífico del Otún	N/A	N/A	N/A
Pimpollo	1962	0.702	0.408

### 3.2 Mapa Temático

Una de las ventajas que proporcionan los SIG es su interdisciplinariedad, así como la facilidad del intercambio de información de diferentes datos informáticos, ya sea para la utilización en sistemas de apoyo a decisiones (DSS), que utiliza parámetros similares a los presentados anteriormente para realizar evaluaciones en cuencas hidrográficas (Torretta, 2014); aprovechando esta ventaja se exportaron dichos datos al software de código abierto QGIS ®. Se obtuvieron los diferentes archivos shapefile o capas del uso del suelo, proporcionados por el portal geográfico del municipio y su plan de ordenamiento territorial, las cuáles se pueden apreciar en la Figura 1 a continuación.

## Figura 1

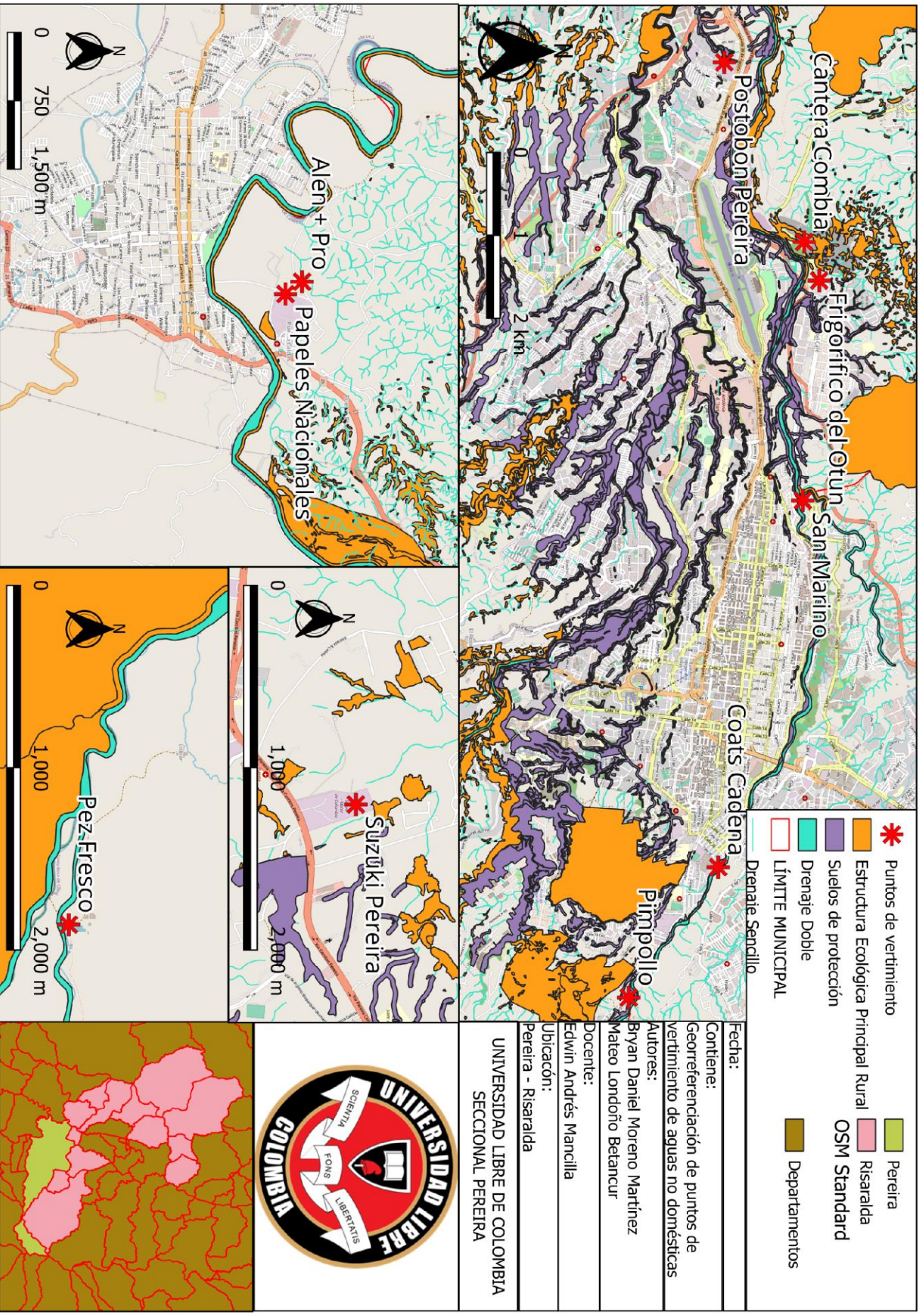
Capas generadas en QGIS ®. Fuente: Autores.



Una vez importadas las coordenadas y cada parámetro de cada respectivo punto se decidió plasmar además los archivos shapefile obtenidos a partir del POT en un mapa temático observado en la Figura 2, ya que es una de las principales herramientas que nos ofrecen los SIG dependiendo de la técnica utilizada, así como ser una fácil manera de representar la información recolectada (Guimarães et al, 2022).

## Figura 2

Mapa temático generado. Fuente: Autores.



- \* Puntos de vertimiento
- Estructura Ecológica Principal Rural
- Suelos de protección
- Drenaje Doble
- LÍMITE MUNICIPAL
- Pereira
- Risaralda
- OSM Standard
- Departamentos

Fecha: Drenaje Sencillo

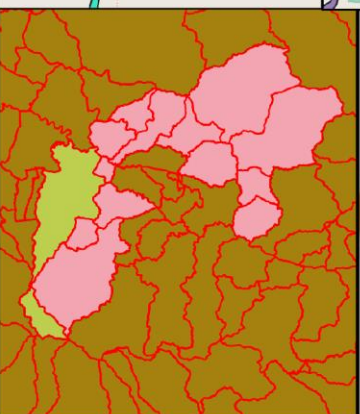
Contiene: Georreferenciación de puntos de vertimiento de aguas no domésticas

Autores: Bryan Daniel Moreno Martínez  
Mateo Londoño Betancur

Docente: Edwin Andrés Mancilla

Ubicación: Pereira - Risaralda

UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA  
SECCIONAL PEREIRA



Adicionalmente se realizó la comparación de la ubicación de cada empresa con el fin de analizar la coherencia de su ubicación, ayudándose del Portal Geográfico del municipio, analizando si la empresa se encuentra localizada en suelos de protección de riesgo, residencial u otro uso estimado que no sea el industrial.

**Tabla 3**

*Comparación del uso del suelo de cada empresa. Fuente: Autores.*

<b>Empresa</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Uso del suelo donde se localiza</b>
Postobón Pereira	Alimentos	Urbano/Industrial
Pez Fresco	Piscícola	Protección
Cantera Combia	Minera	Urbano/Industrial
Suzuki Pereira	Otros	Expansión
Alen + Pro	Alimentos	Expansión
Papeles Nacionales	Otros	Expansión
Coats Cadena	Textil	Urbano/Industrial
San Marino	Avícola	Expansión
Frigorífico del Otún	Alimentos	Urbano/Industrial
Pimpollo	Avícola	Urbano/Industrial

Encontrando de esta manera que sólo el 10% de las empresas no tienen coherencia en su localización, correspondiente únicamente a la empresa Pez Fresco, así como el 40% y 50% se de las empresas se encuentran localizadas en zonas de Expansión y Urbanas Industriales respectivamente.

#### **4. Conclusiones**

Obedeciendo las razones naturales por las que el planeta se encuentra en una emergencia actual, entre las que se encuentra la emisión de gases de efecto invernadero, su consecuente calentamiento global, el cambio climático el cuál a su vez genera preocupaciones más específicas como el derretimiento de los casquetes polares el cuál a su vez genera un crecimiento milimétrico anual del nivel del mar. (Jenkins et al., 2012).

- El 50% de los vertimientos analizados de las empresas seleccionadas son arrojados directamente al río Otún, a su vez, se pudieron definir 3 macrocuencas hidrográficas que son río Otún, río la Vieja y río Cauca, a estos les correspondieron el 60%, 30% y 10% de las empresas analizadas respectivamente, así mismo como es conocido debido al curso natural de su cauce, el río Otún colecta gran parte de los vertimientos generados por las industrias del municipio, ignorando los provenientes de su municipio vecino Dosquebradas, cuya quebrada principal homónima vierte también sus aguas en el río; el río es conductor de las aguas de empresas de diversa índole (Avícolas, Minera, piscícola, entre otros.) y esto se ve reflejado en la cantidad resultante de los caudales medidos según

el concepto técnico de cada empresa, sumando un 48.33 L/s en total, así como siendo su cuenca media la sección más afectada por estos puntos de vertimiento.

- Los parámetros que indican cierta contaminación del agua como lo son la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica del oxígeno a los cinco días (DBQO5) fueron encontrados en mayor medida en las empresas de Alen + Pro y Papeles Nacionales, ambas localizándose cercanas la una de la otra y sus aguas vierten en un tramo del río la Vieja, así mismo Papeles Nacionales representa el segundo caudal más grande de las empresas analizadas, lo que podría dar pie a pensar en la carga contaminante en este tramo del río. Es de resaltar el caso de Pez Fresco, una empresa que representa el mayor caudal analizado por su naturaleza de ser una piscícola, sin embargo también representa valores altos en los parámetros de grasas y aceites, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno y fósforo total, así como Nitritos y Nitratos. Se lograron identificar 3 puntos de interés en los cuáles se podrían destacar algunas observaciones, siendo el primero el previamente mencionado, en la corta sección del Río La Vieja en los cuáles dos caudales considerables eran vertidos en sus aguas. La siguiente sección es la concerniente al punto donde la avícola San Marino vierte sus aguas, allí recibe una de las mayores contaminaciones el cuerpo hídrico no por parte de la empresa, sino que el río Otún recibe las aguas de la quebrada Dosquebradas, la cual recibe casi la totalidad de las aguas domésticas y no domésticas del municipio homónimo. El último punto de interés es en la cuenca alta del río Otún, donde se localiza la piscícola Pez Fresco S.A, cuyo análisis se realizará en la siguiente conclusión.
- Ninguna de las empresas ni sus respectivos puntos de vertimiento se encontraron en zonas de protección ambiental, sin embargo, como se había mencionado previamente, la empresa Pez Fresco, pese a no estar localizada dentro de los límites municipales de Pereira, localizándose esta dentro del municipio de Santa Rosa de Cabal, a su vez también presenta la excepción de localizarse dentro del área de protección SINAP: Ucumari. Además de encontrarse dentro de la estructura ecológica rural del municipio, Bien es sabido que los suelos de protección tienen sus condiciones en específico y son de especial cuidado, como lo dicta por ejemplo el decreto 2372 de 2010 en su capítulo IV “Zonificación y usos permitidos” en el cuál determina actividades permitidas dentro de las zonas del SINAP, así como insta el gobierno y sus ciudadanos a su conservación, restauración y uso sostenible; sin embargo, la empresa data del año 1989, se constituyó previo a los tres planes de ordenamiento territorial que ha tenido la ciudad (2019, 2012 y 1999), por lo cual sus últimas actualizaciones no chocaban directamente con la presencia de industrias dentro de estos suelos. Sin embargo, como toda empresa presente en el territorio y según lo expedido en el último plan de ordenamiento territorial, dicta en el acuerdo 036 del 2016 dicta en su artículo 248: “Cualquier proyecto debe ser coherente con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos vigente (PSMV) aprobado mediante Resolución CARDER No. 808 de 2007 o por la norma que lo aclare, modifique o sustituya...” (p. 126) y en su artículo 436: “No se permitirá el vertimiento de aguas residuales o servidas no tratadas de ningún tipo de forma temporal o permanente, a los diferentes cuerpos de agua o suelos de drenaje...” (p. 229), por lo cual la empresa se debe de comprometer al cumplimiento de estos artículos y lo ha hecho, como se demostró en la caracterización presentada.

## Referencias

- Abedi-Astaneh, F., Hajjaran, H., Yaghoobi-Ershadi, M. R., Hanafi-Bojd, A. A., Mohebbali, M., Shirzadi, M. R., ... & Mahmoudi, B. (2016). Risk mapping and situational analysis of cutaneous leishmaniasis in an endemic area of Central Iran: a GIS-based survey. *PLoS One*, 11(8), e0161317. DOI: 10.1371/journal.pone.0161317
- Ahmadi Choukolaei, H., Jahangoshai Rezaee, M., Ghasemi, P., & Saberi, M. (2021). Efficient crisis management by selection and analysis of relief centers in disaster integrating GIS and multicriteria decision methods: a case study of Tehran. *Mathematical problems in engineering*, 2021, 1-22. DOI: 10.1155/2021/5944828
- Al-Bahry, S. N., Mahmoud, I. Y., Al-Belushi, K. I. A., Elshafie, A. E., Al-Harthy, A., & Bakheit, C. K. (2009). Coastal sewage discharge and its impact on fish with reference to antibiotic resistant enteric bacteria and enteric pathogens as bio-indicators of pollution. *Chemosphere*, 77(11), 1534-1539. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.09.052
- Alcaldía de Pereira. (2016). Acuerdo Municipal No. 036 de 2016.
- Ali, S. M., Pervaiz, A., Afzal, B., Hamid, N., & Yasmin, A. (2014). Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 59-65. DOI: 10.1016/j.jksus.2013.08.003
- Bakke, T., Klungsøyr, J., & Sanni, S. (2013). Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Marine environmental research*, 92, 154-169. DOI: 10.1016/j.marenvres.2013.09.012
- Cabral-Oliveira, J., Bevilacqua, S., Terlizzi, A., & Pardal, M. A. (2014). Are eulittoral assemblages suitable for detecting the effects of sewage discharges in Atlantic and Mediterranean coastal areas?. *Italian Journal of Zoology*, 81(4), 584-592. DOI: 10.1080/11250003.2014.947336
- Daft, R. L., Sormunen, J., & Parks, D. (1988). Chief executive scanning, environmental characteristics, and company performance: An empirical study. *Strategic management journal*, 9(2), 123-139. DOI: 10.1002/smj.4250090204
- Devkota, B., Miyazaki, H., Witayangkurn, A., & Kim, S. M. (2019). Using volunteered geographic information and nighttime light remote sensing data to identify tourism areas of interest. *Sustainability*, 11(17), 4718. DOI: 10.3390/su11174718
- Domokos, E., Sebestyén, V., Somogyi, V., Trájer, A. J., Gerencsér-Berta, R., Horváth, B. O., ... & Abonyi, J. (2022). Identification of sampling points for the detection of SARS-CoV-2 in the



sewage system. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103422.  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103422>

Donnelly, C., Greuell, W., Andersson, J., Gerten, D., Pisacane, G., Roudier, P., y Ludwig, F. (2017). Impacts of climate change on European hydrology at 1.5, 2 and 3 degrees mean global warming above preindustrial level. *Climatic Change*, 143(1), 13-26. doi:10.5194/hess-19-771-2015

Duan, Y., Tang, J., Li, Z., Yang, B., Yan, Y, y Yang, Y (2021). Vegetated Buffer Zone Restoration Planning in Small Urban Watersheds. *Water*, 13(21), 3000.  
<https://doi.org/10.3390/w13213000>

Elshorbagy, A., Corzo, G., Srinivasulu, S., y Solomatine, D. P. (2010). Experimental investigation of the predictive capabilities of data driven modeling techniques in hydrology-Part 1: Concepts and methodology. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1931-1941. doi:10.5194/hess-14-1931-2010

Elshorbagy, A., Corzo, G., Srinivasulu, S., y Solomatine, D. P. (2010). Experimental investigation of the predictive capabilities of data-driven modeling techniques in hydrology - Part 1: Comparative analysis. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1931-1941. [1].  
<https://doi.org/10.5194/hess-14-1931-2010>

Fewtrell, L., & Kay, D. (2015). Recreational water and infection: a review of recent findings. *Current environmental health reports*, 2, 85-94. DOI: 10.1007/s40572-014-0036-6

Gavrilenko, I. V., Rada, A. O., & Fedulova, E. A. (2022, February). Assessment of the Effect of Using Geographic Information Technologies in Identifying Taxation Objects and Violations of Land Legislation. In *International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems "Education-Science-Industry" (ISPCR 2021)* (pp. 147-153). Atlantis Press. DOI:10.2991/aebmr.k.220208.021

Guimarães, R. N., Matos, A. T. D., y Carpanez, T. G. (2022). Mapping of areas suitable for the application of biosolids in the Quadrilátero Ferrífero region, Minas Gerais, Brazil. *REM-International Engineering Journal*, 75, 259-266. <https://doi.org/10.1590/0370-44672020750107>

Gutiérrez Alarcón, M. C. (2022). *Sistema de Información Geográfica QGIS: Documento Básico*.

Held, I. M., & Soden, B. J. (2006). Robust responses of the hydrological cycle to global warming. *Journal of climate*, 19(21), 5686-5699. DOI: 10.1175/jcli3990.1

Hong, Y., Bonhomme, C., Soheilian, B., & Chebbo, G. (2017). Effects of using different sources of remote sensing and geographic information system data on urban Stormwater 2D–1D modeling. *Applied Sciences*, 7(9), 904. doi:10.3390

- Hook, S. E., Gallagher, E. P., & Batley, G. E. (2014). The role of biomarkers in the assessment of aquatic ecosystem health. *Integrated environmental assessment and management*, 10(3), 327-341. DOI: 10.1002/ieam.1530
- Hu, Y., Li, R., Bergquist, R., Lynn, H., Gao, F., Wang, Q., ... & Jiang, Q. (2015). Spatio-temporal transmission and environmental determinants of *Schistosomiasis Japonica* in Anhui Province, China. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(2), e0003470. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003470
- Jenkins, A., Dutrieux, P., Jacobs, S., McPhail, S., Perrett, J., Webb, A., y White, D. (2012). Autonomous Underwater Vehicle Exploration of the Ocean Cavity Beneath an Antarctic Ice Shelf. *Oceanography*, 25(3), 202-203. [1]. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2012.95>
- Jenkins, A., Dutrieux, P., Jacobs, S., McPhail, S., Perrett, J., Webb, A., y White, D. (2012). Autonomous underwater vehicle exploration of the ocean cavity beneath an Antarctic ice shelf. *Oceanography*, 25(3), 202-203. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2012.95>
- Khan, J., Singh, R., Upreti, P., & Yadav, R. K. (2022). Geo-statistical assessment of soil quality and identification of Heavy metal contamination using Integrated GIS and Multivariate statistical analysis in Industrial region of Western India. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102646. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102646>
- Kruszyński, W., & Dawidowicz, J. (2020). Computer modeling of water supply and sewerage networks as a tool in an integrated water and wastewater management system in municipal enterprises. *Journal of Ecological Engineering*, 21(2), 261-266. <https://doi.org/10.12911/22998993/117533>
- Li, Y., Deng, J., Zang, C., Kong, M., & Zhao, J. (2022). Spatial and temporal evolution characteristics of water resources in the Hanjiang River Basin of China over 50 years under a changing environment. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 968693. DOI: 10.3389/fenvs.2022.968693
- Liu, Y., Zhou, Y., y Wu, W. (2015). Assessing the impact of population, income and technology on energy consumption and industrial pollutant emissions in China. *Applied Energy*, 155, 904-917. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.06.051>
- Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A. X., & Chen, M. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International journal of geographical information science*, 33(2), 346-367. DOI: 10.1080/13658816.2018.1533136

- McGuigan, K., Webster, T., & Collins, K. (2015). A Flood Risk Assessment of the LaHave River Watershed, Canada Using GIS Techniques and an Unstructured Grid Combined River-Coastal Hydrodynamic Model. *Journal of Marine Science and Engineering*, 3(3), 1093-1116. doi:10.3390/jmse3031093
- Metcalf, C. D., Miao, X. S., Koenig, B. G., & Struger, J. (2003). Distribution of acidic and neutral drugs in surface waters near sewage treatment plants in the lower Great Lakes, Canada. *Environmental toxicology and chemistry: An international journal*, 22(12), 2881-2889. DOI: 10.1897/02-627
- Mmbando, B. P., Kamugisha, M. L., Lusingu, J. P., Francis, F., Ishengoma, D. S., Theander, T. G., ... & Scheike, T. H. (2011). Spatial variation and socio-economic determinants of Plasmodium falciparum infection in northeastern Tanzania. *Malaria Journal*, 10, 1-9. DOI: 10.1186/1475-2875-10-145
- Overbey, K. N., Hatcher, S. M., & Stewart, J. R. (2015). Water quality and antibiotic resistance at beaches of the Galápagos Islands. *Frontiers in Environmental Science*, 3, 64. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00064
- Pan, G., Wang, B., Guo, S., Zhang, W., & Edwini-Bonsu, S. (Year). Statistical analysis of sewer odour based on 10-year complaint data. doi: 10.2166/wst.2020.217
- Peterson, A. T. (2008). Biogeography of diseases: a framework for analysis. *Naturwissenschaften*, 95(6), 483-491. DOI: 10.1007/s00114-008-0352-5
- Piao, S., Ciais, P., Huang, Y., Shen, Z., Peng, S., Li, J., ... & Fang, J. (2010). The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature*, 467(7311), 43-51. DOI: 10.1038/nature09364
- Presidencia de la República de Colombia. (2010). Decreto 2372 de 2010.
- Rients, E., VanDerWal, A., Loy, D., Reynolds, M., & Hansen, S. (2022). Survey of feedlot nutritionists gives insight on information-seeking behavior. *Translational Animal Science*, 6(4), txac114. DOI: 10.1093/tas/txac114
- Sinske, S. A., & Zietsman, H. L. (2002). Sewer-system analysis with the aid of a geographical information system. *Water SA*, 28(3), 243-248. DOI:10.4314/wsa.v28i3.4891
- Skorbiłowicz, M., y Skorbiłowicz, E. (2016). Identification of danger zones for surface water using GIS (SIP)–Mapinfo system on an example of upper Narew river catchment. *Journal of Ecological Engineering*, 17(3). DOI: 10.12911/22998993/63311

- Tian, H. Z., Wang, Y., y Zhou, J. R. (2015). Atmospheric emissions of 12 heavy metals in China. *Atmospheric Chemistry and Physics Atmospheric emissions of 12 heavy metals in China. Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(18), 10127-10147. doi:10.5194/acp-15-10127-2015
- Torretta, V. (2014). The sustainable use of water resources: A technical support for planning. A case study. *Sustainability*, 6(11), 8128-8148. <https://doi.org/10.3390/su6118128>
- Valenti, F., y Toscano, A. (2021). A GIS-Based Model to Assess the Potential of Wastewater Treatment Plants for Enhancing Bioenergy Production within the Context of the Water–Energy Nexus. *Energies*, 14(10), 2838. <https://doi.org/10.3390/en14102838>
- Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Battarbee, R. W., Kernan, M., & Wade, A. J. (2009). A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological sciences journal*, 54(1), 101-123. DOI: 10.1623/hysj.54.1.101
- Wright, D. J., Goodchild, M. F., & Proctor, J. D. (1997). GIS: Tool or science? Demystifying the persistent ambiguity of GIS as " tool" versus " science". *Annals of the Association of American Geographers*, 346-362.DOI: 10.1111/0004-5608.872057
- Yadav, A., Rajhans, K. P., Ramteke, S., Sahu, B. L., Patel, K. S., & Blazhev, B. (2016). Contamination of industrial waste water in central India. *Journal of Environmental Protection*, 7(1), 72-81. DOI: 10.1111/jace.17538
- Yan, X., Liu, M., Zhong, J., Guo, J., & Wu, W. (2018). How human activities affect heavy metal contamination of soil and sediment in a long-term reclaimed area of the Liaohe River Delta, North China. *Sustainability*, 10(2), 338. DOI: 10.3390/su10020338
- Zhang, X., Majid, S., & Foo, S. (2013). Environmental scanning practices of travel agent companies in Singapore. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 18(8), 823-848. DOI: 10.1080/10941665.2012.708353