

De lo local al más allá: herramientas satelitales

José Luis Pérez López¹ y Susana Maza-Villalobos^{1*}

¹ El Colegio de la Frontera Sur, unidad San Cristóbal de Las Casas

* Dirección para correspondencia: sumaza@ecosur.mx

En mi ciudad, todo tiene que ver con los ríos. Yo crecí con historias que me contaban los más grandes sobre lo divertido que era ir al río a pescar, a bañarse o a echarse un clavado. Aquí, los ríos tienen sus poemas y sus canciones. Cuenta la leyenda que el nombre de mi ciudad, Tapachula, proviene del encuentro en el río entre una mujer semidesnuda que lavaba su ropa y un hombre quien al observarla le gritó — ¡Tápate, chula! Sin embargo, el nombre de Tapachula proviene del vocablo náhuatl *Tlapacholatl*, que significa tierra anegadiza, por *tlopacholi* que significa cosa anegada, y *atl* que significa agua. ¡Y cómo no nombrar así a estas tierras, si además de estar custodiada por dos ríos, el Coatán y el Cahoacán, aquí llueve a cántaros!

Un chiste local es que en Tapachula solo hay dos estaciones, la de lluvias y la del tren; pues la época de lluvia en esta ciudad dura 9.4 meses. Los lugareños sabemos que si un foráneo toma agua del Coatán, entonces, ya no se irá de esta tierra. De este mismo río se obtiene la mayoría del agua que usamos en la ciudad, pues aprovechando la fuerza del escurrimiento de sus aguas, la hidroeléctrica José Cecilio del Valle produce energía eléctrica para la región.

Así como a los ríos de mi ciudad se les quiere, también, se les respeta y teme. Como aquí llueve mucho, es común que todos los años estos ríos se

desborden e inunden casas o derrumben puentes. Más de una vez, los ríos han crecido tanto que se han llevado colonias enteras, hospitales y mercados. En estos eventos, desafortunadamente, mucha gente ha perdido la vida y su patrimonio.

Mi generación no vivió los ríos de mi ciudad como lugares para jugar, relajarse, pasear, tomar agua, bañarse o pescar. Más bien, en los últimos años, vivimos con ríos de color gris, o algo parecido al café con leche, con montones de basura flotando sobre ellos y con un olor fétido que invita a tapar nuestras narices. Las lluvias, aunque son bienvenidas por refrescar la ciudad, son observadas con cautela, pues con estas los ríos se desbordan, ahora con más frecuencia y fuerza, haciendo que sus corrientes causen importantes pérdidas materiales y humanas. Cada vez menos personas pescan en estos ríos, y en las partes donde desembocan al mar, los pescadores se quejan de que ya no hay peces. Además, sus cauces son cada vez más rectos y arrastran consigo lodos que depositan en su desembocadura, lo que ha causado problemas de sedimentación en esas zonas.

Problemas complejos

Confieso que me encantaría poder ver los ríos como me cuentan que eran antes. Sin embargo, entiendo que es un problema que tiene muchas causas y efectos, por lo que su solución es complicada e implica muchos factores. A este tipo de problemas se les cataloga como problemas complejos (Luengo, 2024; Maldonado, 2022).

La contaminación y el desbordamiento de los ríos de mi ciudad es un problema complejo que ha surgido por una mala gestión del medio ambiente; los factores que intervienen son muchos y diversos, aquí solo algunos ejemplos: cada vez hay más casas e industrias que tiran sus aguas de desecho a los ríos sin haber sido tratadas, hay un deficiente sistema de recolección y manejo de basura, el crecimiento de la ciudad es continuo y desordenado, la sociedad moderna consume y tira sus productos después del primer uso sin pensar en reciclar o reusar.

Localización

Una de las características más importantes de un problema complejo es que sucede en un lugar preciso y único. Esto parece ser algo sencillo, sin embargo, para la elaboración de soluciones es muy importante saber cuáles son las características del lugar donde se presenta el problema para saber qué tipo de herramientas utilizar y a dónde destinar de manera más eficiente los recursos para solucionarlo.

Regresemos, por un momento, al ejemplo de los ríos contaminados de mi ciudad. En este caso nos servirá para saber cuáles son las características del lugar donde corren los ríos. Es importante conocer cuántas personas viven ahí, en qué zonas habitan y cómo será la ciudad en unos años, cuando crezca. También, es importante conocer qué actividades realizan las personas de la ciudad y dónde están ubicados los mercados, las escuelas, los hospitales y las fábricas, ya que son

elementos importantes que influyen o se ven afectados por la dinámica y estado de conservación de los ríos.

Con esta información, podríamos generar soluciones específicas para cada localización. Por ejemplo, sabríamos donde están las colonias con más habitantes que generan más aguas residuales, entonces, ahí pondríamos una planta de tratamiento para que limpiasen estas aguas antes de que lleguen a los ríos. Podríamos saber, también, qué tipo de fábricas hay en la ciudad para exigir que sus dueños establezcan medidas de mitigación. Además, podríamos conocer qué escuelas y hospitales están más cerca de los ríos para prevenir desastres ante un posible desbordamiento e inundación.

Más allá de lo evidente localmente

Existen algunos elementos que no se pueden percibir de forma inmediata, como los del párrafo anterior, pero que son importantes de localizar. Los ríos de mi ciudad nacen más allá de esta y desembocan en el mar. Además, forman un sistema llamado cuenca, una especie de red donde podemos observar que el agua de estos ríos está conectada con otros cuerpos de agua, que en conjunto escurren hacia un mismo punto (Figura 1).



Figura 1. Diagrama que muestra una cuenca hidrográfica y sus componentes principales (elaboración propia con Chatgpt).

Lo anterior nos indica que lo que sucede en la parte alta de la cuenca de un río, donde este nace, o en la parte media, repercute en la parte baja, donde termina. En ese sentido, la localización vuelve a ser importante para generar soluciones a la contaminación de los ríos de mi ciudad. Sería importante entender que la deforestación en la parte alta de la cuenca y la contaminación de la ciudad, sobre todo por sólidos en la parte media, afectan a la parte baja de los ríos donde hay problemas de sedimentación, contaminación, falta de peces, entre otros. Recordemos que la presencia de selvas o bosques ayuda a la retención del suelo que evita la erosión, así como a la absorción de agua para alimentar los mantos acuíferos. Cuando existe deforestación, el suelo queda descubierto, y ante fuertes

lluvias como las que ocurren en mi región, el suelo es arrastrado y la amplitud del río aumenta llevándose consigo lo que encuentra a su lado.

Esta forma de pensar los problemas ambientales, poniendo especial atención en el factor de la localización y sus componentes se llama *análisis espacial*. Este tipo de análisis no es nuevo; sin embargo, las nuevas tecnologías de la información y los desarrollos tecnológicos permiten mayor precisión y exactitud en las mediciones que nos indican dónde suceden las cosas. Hoy en día, el conjunto de satélites artificiales que orbitan la tierra, las tecnologías de mapeo de la superficie terrestre y las supercomputadoras permiten, a través de programas computacionales, producir, manejar y gestionar gran cantidad de datos espaciales en poco tiempo. Los datos espaciales son aquellos que, a través de coordenadas, nos indican un punto en la superficie terrestre para señalar dónde se encuentran las cosas.

Cuando el análisis espacial se junta con disciplinas como la Geomática (la ciencia que se encarga del manejo de información geográfica utilizando tecnologías de información), la Geodesia (la ciencia que estudia la forma y dimensiones de la Tierra), el Análisis de Datos (la ciencia que se encarga de manejar, ordenar y entender una cantidad enorme de datos), o con ciencias como la Geografía, la Computación, la Biología o las Ciencias Sociales puede generar soluciones para los problemas complejos del medio ambiente (Buzai y Baxendale, 2019). Las personas que utilizan el análisis espacial en sus investigaciones han generado productos de gran interés y utilidad para entender estos problemas. Veamos algunos ejemplos.

La plataforma *Google Earth Engine* cuenta con información de imágenes satelitales de acceso gratuito que pueden ser usadas para el análisis espacial. Esta plataforma es un repositorio de bases de datos espaciales en la que se puede acceder, sin costo, a distintos proveedores de imágenes satelitales y realizar distintas operaciones con estas. Existen otras plataformas que proveen información espacial, algunas de ellas son: 1) *USGS Earth Explorer* desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos; 2) La *NASA's Earthdata Search* que ofrece datos de observación de la Tierra de misiones de la NASA; 3) *Open Street Map* que es una plataforma colaborativa que permite a los usuarios editar y utilizar datos geográficos de infraestructura urbana y rural de todo el mundo.

Como se puede observar, existen imágenes satelitales y mapas con información muy diversa. Esta nos puede indicar nuestra ubicación, informándonos el nombre del país, estado, ciudad, poblado e incluso el nombre de la calle en dónde estamos. También hay información espacial mucho más completa con datos de temperatura, precipitación, nubosidad, elevación, topografía, tipos de vegetación, densidad poblacional y demás, del lugar de nuestro interés (Anselin, 1989; Martín Gabaldón, 2024). Esta información es útil cuando abordamos problemas complejos y buscamos sus soluciones (Figura 2).

Con la información espacial se generan análisis de muy distinto tipo para la resolución de diversos problemas complejos. En México, por ejemplo, el Sistema Integral de Monitoreo de Vectores agrupa la información espacial epidemiológica y entomológica para ayudar a combatir las enfermedades como el dengue (Manrique

Saide, 2023). Por otro lado, el geoportal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad utiliza el análisis espacial para generar mapas de distribución potencial y poder conservar las especies de flora y fauna del país (CONABIO, 2023). Para la región donde se encuentra mi ciudad, con estas herramientas se ha evaluado cómo ha ido cambiando la cobertura de la vegetación en más de diez años (Maza-Villalobos *et al.*, 2023).



Figura 2. Esquema que muestra diferentes capas, cada una nos proporciona información diferente que nos ayuda a entender mejor los problemas complejos, como lo es una inundación (elaboración propia).

Conclusión

El análisis espacial es una herramienta que nos permite abordar los problemas complejos, poniendo especial importancia a la localización, como punto de partida para la generación de soluciones. Espero que los ríos de mi ciudad puedan ser lo que un día fueron, ríos limpios. Y creo que esto es posible si entendemos que para

llegar a su solución debemos considerar la complejidad del problema, abordando aspectos que van desde la identificación y ubicación de los diferentes tipos de contaminación, hasta aquellos que tienen que ver con la percepción de la gente que vive alrededor de ellos, teniendo presente que los ríos son un elemento perteneciente a una cuenca y no un elemento aislado.

Referencias

Anselin L (1989). What is special about spatial data? Alternative perspectives on spatial data analysis." In: Symposium on Spatial Statistics, Past, Present and Future. Recuperado de:

<https://escholarship.org/uc/item/3ph5k0d4>.

Buzai GD y Baxendale CA (2010). Actas I Congreso Internacional sobre Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica. Obras Colectivas 24. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá. (VersiónCD). ISBN 978-84-8138-920-3. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/341297868_Analisis_espacial_con_Sistemas_de_Informacion_Geografica_Aportes_de_la_Geografia_para_la_elaboracion_del_diagnostico_en_el_Ordenamiento_Territorial#fullTextFileContent.

CONABIO (2023) Distribución de las especies. Recuperado de:

<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/distribesp>

Luengo GE (2024). Abordaje y tratamiento de problemas complejos. En Leal Martínez G y López Ramírez ME (Coords.), *Resolver problemas sociales: hacia una metodología de nodos articuladores*.

Recuperado de:

<https://complexus.iteso.mx/2023/01/24/abordaje-y-tratamiento-de-problemas-complejos/>.

Maldonado CE (2022). Teoría de los problemas complejos. *Cinta de Moebio* 74:109-120.

Recuperado de:

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-554X2022000200109.

Manrique Saide P (2023). Hacia el abordaje integral de las enfermedades transmitidas por vectores en el sur de México. *Salud Pública de México* 65(2):109-111. Recuperado de:

<https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/14706>.

Martín Gabaldón M (2024). Más allá de la localización. El potencial del análisis espacial a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los estudios histórico-sociales sobre el territorio. *Ichan Tecolotl* 35(381). Recuperado de:

<https://ichan.ciesas.edu.mx/mas-alla-de-la-localizacion-el-potencial-del-analisis-espacial-a-traves-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-en-los-estudios-historico-sociales-sobre-el-territorio/>

Maza-Villalobos S, Alvarado Sosa E, Arriaza Rodríguez AD, Infante F and Castillo Santiago MA (2023). Land use soil and vegetation dynamic in landscapes highly modified by agricultural activities in Southern Mexico. *Botanical Sciences* 101(2):374-386. Recuperado de:

<https://doi.org/10.17129/botsci.3148>.

Torres M, Moreno-Ibarra M, Menchaca-Méndez R, Quintero R y Guzmán G (2011). Análisis espacial por medio de un sistema de información geográfica distribuido. *Revista Digital Universitaria* 12(5):3-16. Recuperado de:

https://ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/1894/art54_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=.

Manuscrito Aceptado