

Evaluación de la contaminación en las aguas de río e identificación de fuentes contaminantes mediante el procesamiento digital de imágenes de satélites

Assessment of pollution in river waters and identification of pollutant sources by digital processing of satellite images

Presentación: 29/07/2024

Daniel Monferrán

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta, Universidad Nacional de General Sarmiento
danielmfr02@yahoo.com

Andrés Sartarelli

Universidad Nacional de General Sarmiento
asartare@campus.ungs.edu.ar

Resumen

Contaminación y medio ambiente. El Río Reconquista se ubica en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y junto a los ríos Matanza-Riachuelo y Lujan, constituyen cursos hídricos altamente contaminados de gran influencia en el medio ambiente.

Las fuentes de contaminación que constituyen actualmente uno de los principales problemas ambientales del Gran Buenos Aires (GBA) son los basurales ilegales, rellenos sanitarios, ex basurales, tosqueras y chatarrerías, así como los efluentes industriales que se descargan ilegalmente en el cauce del río.

A los efectos de disponer de información actualizada sobre las condiciones del Río Reconquista y ofrecer una metodología que también pueda ser usada en otras fuentes hídricas, se analizaron y evaluaron diferentes metodologías existentes orientadas a la detección de sitios contaminados, seleccionando aquellas que mejor se ajustaron a las condiciones de este trabajo. Se usaron imágenes satelitales de diferentes bandas del espectro.

Palabras clave: Contaminación, Medio ambiente, Imágenes de satélite, Procesamiento digital, Firmas espectrales, NDWI

Abstract

Pollution and environment. The Reconquista River is located in the northwest of the province of Buenos Aires and together with the Matanza-Riachuelo and Lujan rivers, they constitute highly polluted watercourses of great influence on the environment.

The sources of pollution that are currently one of the main environmental problems in Greater Buenos Aires (GBA) are illegal dumps, landfills, former landfills, coughing and junkyards, as well as industrial effluents that are illegally discharged into the riverbed.

In order to have updated information on the conditions of the Reconquista River and to offer a methodology that can also be used in other water sources, different existing methodologies oriented to the detection of contaminated sites were analyzed and evaluated, selecting those that best fit the conditions of this work. Satellite images from different bands of the spectrum were used.

Keywords: Pollution, Environment, Satellite images, Digital processing, Spectral signatures, NDWI

Objetivo

El objetivo es encontrar un método centrado en el aporte de la información que puede obtenerse exclusivamente con el procesamiento de imágenes satelitales.

En este trabajo, si bien se parte de la premisa que las aguas del Río Reconquista están contaminadas, es interesante ofrecer algún método alternativo de evaluación del estado de contaminación en toda fuente hídrica.

Introducción

Ubicación geográfica

La cuenca del Río Reconquista está ubicada en la Area Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) al noreste de la provincia de Buenos Aires. Comprende aproximadamente unas 167000 ha, y está compuesta por 134 cursos de agua que recorren un total de 606 km, de los que 82 corresponden al Río Reconquista, (de la Nación et ál., 2007)

Municipios lindantes y población

La cuenca hidrográfica del Río Reconquista, por su parte, abarca unos 1670 km² y actualmente se encuentra distribuida entre 18 partidos del Area Metropolitana, lo que involucra a cuatro millones y medio de habitantes de Bs. As. aproximadamente, (Potocko, 2018: 23), (Rigacci, 2021), (Sadañowski, 2003), (Sánchez et ál., 2017), (Williams et ál., 2018).

Efluentes

El alto grado de contaminación de la cuenca está dado por el volumen de efluentes industriales (sobre el río descargan sus productos aproximadamente unas 12 mil industrias) y domiciliarios que recibe y que está principalmente constituido de materia orgánica y metales pesados.

Estas descargas favorecen los procesos de generación de sulfuros y precipitación de metales en los sedimentos, (Marbán et ál., 1999: 015-019), (Nader, 2015), (Porzionato et ál., 2014), (Rigacci et ál., 2013: 9161-9168)

Recursos y métodos

Areas seleccionadas

Se definen en este trabajo dos superficies del territorio de la provincia de Buenos Aires que son de interés para ilustrar algunos de los resultados que se obtienen del análisis de los datos de las imágenes satelitales.

Los estudios se realizan con datos de regiones de la imagen delimitadas por alguno de los dos perímetros que se ilustran en la Fig. 1. El perímetro azul corresponde a la cuenca y el perímetro rojo surge de los partidos seleccionados como área de influencia.

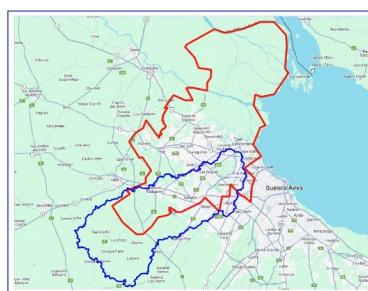


Figura 1: Perímetros de zonas de interés. Cuenca y partidos del área de influencia.

Instrumentos e imágenes

Se utilizaron en el presente trabajo datos proporcionados por el Satélite SENTINEL-2, equipado con un instrumento multispectral (MSI) que mide la radiancia reflejada de la Tierra en 13 bandas espectrales desde el visible (V) y el infrarrojo cercano (NIR) hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR) con diferentes resoluciones espaciales.

Muestras y capas de cobertura

Muestras: Es importante señalar que la correcta elección de las muestras a ser usadas como patrones que representan a los distintos tipos de cobertura de la escena, influye directamente sobre los resultados de todo el procesamiento.

A su vez, los datos que se obtienen de las muestras están condicionados por diferentes factores que influyen en los valores que capta el sensor de la radiación que se refleja en la superficie iluminada.

Capas de cobertura: Las muestras que se definen se agrupan en capas por tipo de cobertura. Se crean capas de: suelo, urbano, hídrico, vegetación y basural.

Firmas espectrales

Se procesan datos de los diferentes tipos de capa utilizando todas las bandas del Sentinel-2.

Una vez creadas las capas se calculan los parámetros estadísticos de cada una de las muestras.

Por cada tipo de cobertura se reúnen los resultados de todas las bandas. En la Fig. 2 se puede observar una forma de ilustrar las firmas espectrales agrupadas por tipos de cobertura, con bandas de resolución espacial de 20 m, Desde B02 20m¹ hasta B02 12m. Con esta nueva representación se pretende encontrar los valores umbrales que puedan usarse para segmentar los distintos tipos de cobertura.

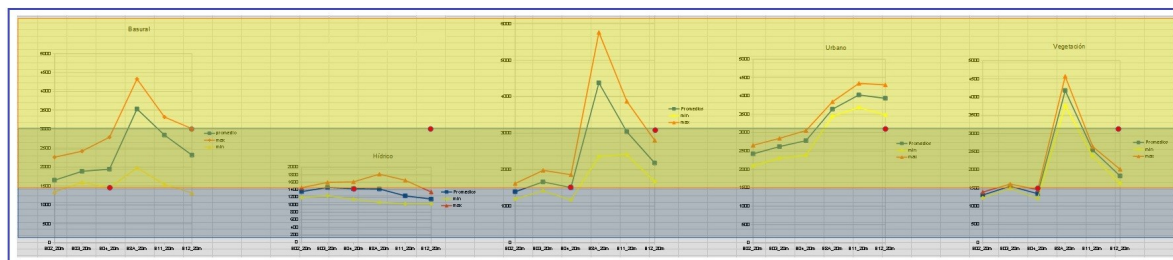


Figura 2: Firmas espectrales por tipo de cobertura.

Índices diferenciales normalizados

Se crean los índices $NDBI_{043} = (B04_{20m} - B03_{20m}) / (B04_{20m} + B03_{20m})$, $NDBI_{084} = (B8A_{20m} - B04_{20m}) / (B8A_{20m} + B04_{20m})$ y $NDBI_{118} = (B11_{20m} - B8A_{20m}) / (B11_{20m} + B8A_{20m})$. Luego de algunos ensayos se decide por el Índice Diferencial Normalizado del Agua (NDWI), para SENTINEL 2 se adopta $NDWI = (B03_{20m} - B8A_{20m}) / (B03_{20m} + B8A_{20m})$

En la Fig. 3 se ilustra el valor de índices para los distintos tipos de cobertura.

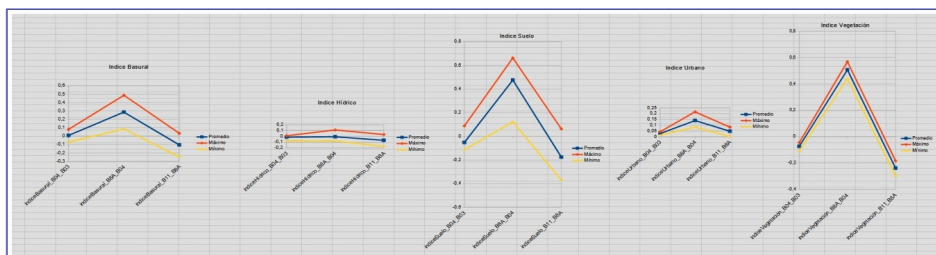


Figura 3: Índices por tipo de cobertura.

Datos

Posiciones seleccionadas

Desde la IDE de Earth Engine Code Editor se seleccionan regiones en diferentes posiciones de la imagen (puntos rojos) para tomar los datos, Fig. 4. Se tomó igual número de muestras del Río Reconquista y del Río Quilpo, elegido como referencia por tratarse de un cauce de aguas no contaminadas (Alvarez et ál., 2019) (Alvarez, 2022: 20-21). Se calcularon para el conjunto de muestras de cada río los promedios de los valores máximos y los promedios de los valores mínimos del índice de calidad del agua en el primer semestre del 2019, segundo semestre 2019 y primer semestre 2022.

¹Bxx yym : Banda xx de yy m de resolución espacial

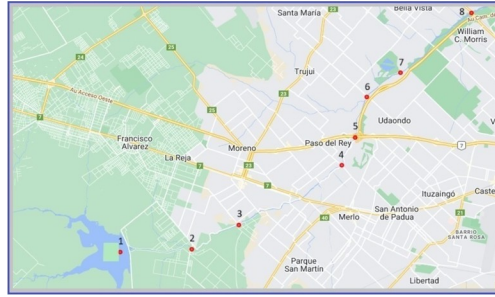


Figura 4: Río Reconquista. Ocho posiciones seleccionadas para tomar los datos.

Resultados

En la Fig. 5 se pueden observar los valores medios de *NDWI* por semestre del Río Reconquista y del Río Quilpo.

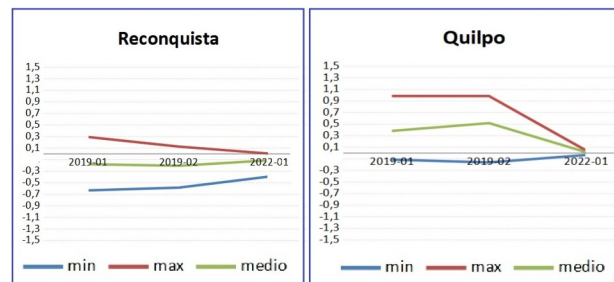


Figura 5: Río Reconquista y Río Quilpo – valores de *NDWI*.

Las siguientes imágenes fueron extraídas de una secuencia temporal creada con un algoritmo desarrollado a tal efecto, Fig. 6. La coloración corresponde a rango de valores de *NDWI*, donde los colores azul y celeste representan valores positivos de *NDWI*.

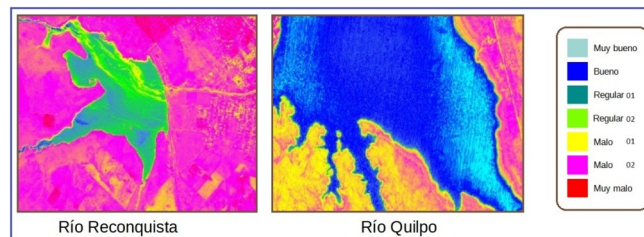


Figura 6: Río Reconquista y Río Quilpo - Imagen de *NDWI*.

Detalle del *NDWI* del Río Reconquista

En la Fig. 7 se puede observar una gráfica con los valores de *NDWI* calculados, donde se puede apreciar una superposición de los valores en las posiciones 6 y 7, condiciones resaltadas con óvalos de color rojo.

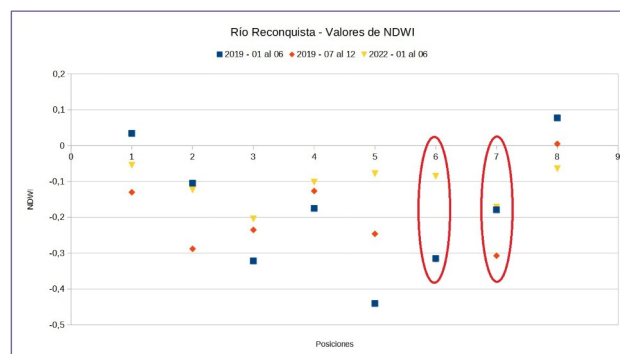


Figura 7: Río Reconquista, valores de *NDWI*.

En la Fig. 8 se pueden observar valores mínimos relativos de *NDWI* en las proximidades de las posiciones 3 y 7, condiciones resaltadas con óvalos de color rojo. Posiciones donde a su vez se observa un estrechamiento de las curvas en la dirección de la corriente del río. Un mínimo absoluto se observa en la proximidad de la posición 5

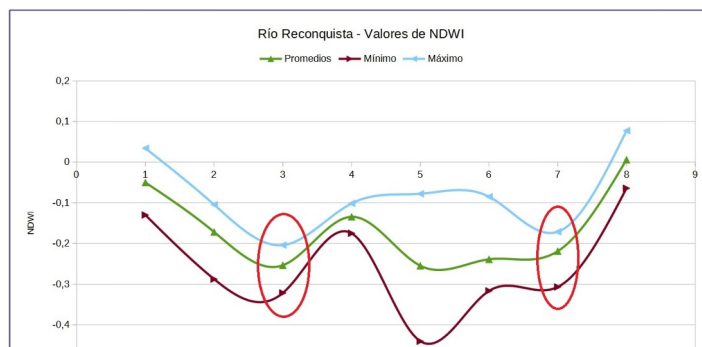


Figura 8: Río Reconquista, valores de *NDWI*.

Variación en la calidad del agua y su relación con la ubicación y tipo de fuentes contaminantes.

Se puede observar una coincidencia de las posiciones resaltadas en los gráficos de las Fig. 7 y 8 (posiciones 3, 6 y 7) con la ubicación de asentamientos de industrias y viviendas en la rivera del Río Reconquista, esto se ilustra en la Fig. 9

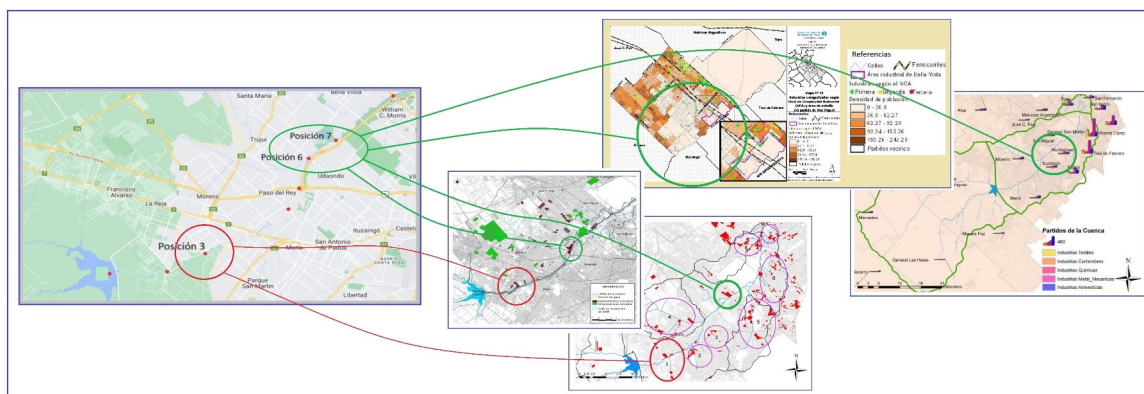


Figura 9: Fuentes contaminantes en las posiciones resaltadas (3, 6 y 7) de las Fig. 7 y 8.

La Fig. 9 incluye imágenes extraídas de trabajos de investigación que resultan de relevamientos in situ y toma de muestras. Estos trabajos fueron realizados por investigadores y diferentes instituciones comprometidas con el medio ambiente, (Nader, 2015),(de la Nación et ál., 2007).

Conclusiones

En el periodo de tiempo que abarca desde el 2019 al 2022, los valores *NDWI* de las aguas del Río Reconquista fueron sensiblemente menores que los valores *NDWI* del Río Quilpo. En la Fig. 5 se puede observar que los valores medios del Río Reconquista (línea verde) siempre fueron negativos.

En contraste con los valores positivos de *NDWI* del Río Quilpo, el Río Reconquista muestra un continuo estado de contaminación en espacio y tiempo.

Todo el proceso de cálculo del *NDWI* y los posteriores resultados ilustrados en las Fig. 7 y 8 fueron realizados prescindiendo de toda información proveniente de los datos catastrales relevados.

El uso de imágenes de un río que puedan ser usadas como modelo de imagen patrón, sumado a un proceso de cálculo y modelado matemático, muestra la utilidad del aplicar el *NDWI* para evaluar la calidad del agua.

La mencionada coincidencia que se observa en las posiciones 3, 6 y 7 es en sí misma la coincidencia de los resultados de este trabajo de investigación con la información que ofrecen (Nader, 2015) y (de la Nación et ál.,

2007). Es decir, que la validez de los resultados de este trabajo de investigación resulta de comparar estos resultados con la información que se desprende de datos relevados in situ.

Por lo expresado, mediante el uso exclusivo de imágenes es posible determinar en un período el estado de contaminación de un río sin tener que recurrir a la información que pueda encontrarse sobre ese río. Es posible independizarse y prescindir de toda otra posible fuente de información para hacer una primera evaluación de la calidad del agua.

Referencias

Alvarez, B. Y. (2022). "Conociendo las aguas de la cuenca del Sol." *Revista Cicterránea*, 6(6), 20-21.

Alvarez, B. Y., Campodonico, V. A., Martínez, J. O., Gaiero, D. M., & Palomeque, M. (2019). "Caracterización y análisis preliminar del impacto de los procesos petroquímicos en la cuenca del río Cruz del Eje." In *V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU)*(La Plata, 12 al 14 de junio de 2019).

de la Nación, D. D. P., FARN, F. P., & del Plata, C. (2007). "Informe especial Cuenca del Río Reconquista primera parte". *BA Defensoría del Pueblo de la Nación-Ombudsman Nacional*.

Marbán, L., de López Camelo, L. G., Ratto, S., & Agostini, A. (1999). "Contaminación con metales pesados en un suelo de la cuenca del río Reconquista." *Ecología Austral*, 9(1), 015-019.

Nader, G. M. (2015). Evaluación de la calidad del agua en el río urbano.

Porzionato, N., Candal, R., & Curutchet, G. A. (2014, September). "Biolixiviación de metales de sedimentos anaeróbicos del Río Reconquista (Argentina) como estrategia potencial de remediación." In *Proceedings Del 4th International Symposium on Environmental Biotechnology and Engenieering*.

Potocko, A. (2018). "Transformaciones de un territorio fluvial. Urbanización y regulación hídrica del río Reconquista (Buenos Aires, Argentina)". *GOT: Revista de Geografía e Ordenamento do Território*, (14), 23.

Rigacci, L. N. (2021). "Análisis de la capacidad de depuración de la represa Ing. Roggero, Buenos Aires (Argentina)", *Universidad Nacional del Comahue Centro Regional Universitario Bariloche*.

Rigacci, L. N., Giorgi, A. D., Vilches, C. S., Ossana, N. A., & Salibián, A. (2013). "Effect of a reservoir in the water quality of the Reconquista River, Buenos Aires, Argentina." *Environmental monitoring and assessment*, 185, 9161-9168.

Sadañiowski, I. (2003). "El problema de las inundaciones en la cuenca del río Reconquista: la represa Ingeniero Carlos F. Roggero, y las funciones ecológicas". (*Doctoral dissertation, Tesis de grado (inérita)*). *Universidad Nacional de General Sarmiento*).

Sánchez Arrabal, M. B., & Guilarte, M. J. (2017). "Cuenca del río Reconquista." In *IX Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo* (Barcelona, España, 2017).

Williams, F., Ríos, D. M., & Vecslir, L. (2018). Dossier "Ríos Urbanos: explorando nuevas perspectivas para el estudio, diseño y gestión de los territorios fluviales".