



Modelación sobre una imagen satelital de la presencia de clorofila en el sistema de laguna, río y humedal de Sierpe, en Osa. Los datos espectrales muestran alta concentración (marcado en color rojo) de vegetación superficial en la laguna y las partes altas del río, pero también que están creciendo cerca de la desembocadura. Imagen de Gabriela Chaves.

Ingeniería Ambiental, Escuela de Química

## Estudios modelan presencia de nitratos en ríos y aguas superficiales del país

20 de Marzo 2023 Por: [Johan Umaña Venegas](#) <sup>[1]</sup>

- Alertan de altas concentraciones en dos de los humedales más importantes de Costa Rica: Sierpe y Tortuguero
- 
- Sustancia, proveniente principalmente de fertilizantes, provoca el crecimiento desmedido de vegetación que afecta a las otras especies de estos importantes ecosistemas

Dos investigaciones de la carrera de **Ingeniería Ambiental** [2], del **TEC** [3], utilizaron **tecnologías avanzadas y técnicas novedosas, como son la modelación a partir de datos e imágenes satelitales, procesamiento de información geográfica y aprendizaje automático (machine learning)**, para proyectar la **contaminación que llega a los ríos y cuencas de agua de Costa Rica.**

Estos estudios revelan una **alerta temprana de que los principales humedales de Costa Rica, como los son el de Sierpe, en Osa, y los de Tortuguero, en la costa Caribe, podrían estar recibiendo grandes cantidades de nitratos** provenientes, principalmente, de los fertiliz



En la laguna de Sierpe se observa los efectos de los nitratos, con el crecimiento desmedido de vegetación. Foto: Cortesía G. Chaves.

Ambas investigaciones fueron hechas como tesis de grado por los estudiantes de Ingeniería Ambiental Joseph Rojas Zamora y Gabriela Chaves Brenes, con el apoyo del **Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA)** [4], del TEC, y el **Laboratorio PRIAS** [5], del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT-CONARE).

Ellos, junto a la investigadora máster Laura Hernández Alpizar –tutora de ambas tesis–, apuntan a que estos estudios demuestran **la capacidad del modelaje y métodos de computación con base en la inteligencia artificial para potenciar el uso de las bases de datos nacionales e internacionales de acceso abierto.**

Hernández señala que estos productos de investigación aportan **información muy valiosa para que instituciones nacionales, como las municipalidades, puedan usarla en la definición de planes reguladores del territorio o en la realización de mediciones ambientales**, entre muchos otros usos. También para que los sectores productivos agrícolas puedan gestionar mejor su actividad y su eficiencia en el uso de fertilizantes y otros recursos.

Mientras que para el máster Iván Ávila Pérez, investigador del Laboratorio Prias, la validez es que estas investigaciones permiten, por medio de la teledetección y el uso de bases de datos, **tener una visión amplia y rápida del comportamiento de los cuerpos de agua.**

“Son investigaciones bastante importantes porque los recursos hídricos usualmente son difíciles

de estudiar continuamente. El país tiene toda una normativa de calidad de agua, pero usualmente los estudios para verificar esa calidad de agua y el estado de los cuerpos hídricos se hacen con estudios de campo, y eso implica más gasto de recursos de tiempo, de personal”, complementó Ávila.

La investigación de Joseph Rojas Zamora modeló la presencia de nitratos en todo el territorio nacional. Los puntos rojos marcan las zonas donde había más presencia de este contaminante.



"Estos estudios nos puede permitir tener mejores políticas de manejo del territorio a nivel nacional, basadas en datos científicos. Si vemos que en un río hay concentraciones alarmantes de nitratos, sabemos que tenemos un problema y quizá en ese territorio no se debería sembrar más o hay que mejorar la gestión productiva, o se deben aplicar planes de remediación para los ecosistemas. "Esto es la ciencia aportando a las empresas, a las municipalidades, a los tomadores de decisiones, y demuestra la pertinencia de la investigación que hacemos en las universidades, en conjunto con otras instituciones públicas del país". " *Laura Hernández, investigadora del TEC*

## Nitratos a nivel nacional

Rojas tituló su investigación "**Modelaje de la concentración del ion nitrato en las aguas superficiales de Costa Rica** [8]", en esta utilizó **información de variables químicas, climáticas, suelo y topografía del terreno**, para construir un algoritmo de aprendizaje que sirviera para predecir la concentración del nitrato en distintos cuerpos de agua. Los resultados tienen 88% de exactitud en la modelación.

"Nosotros tomamos gran cantidad de información que se había desarrollado por instituciones públicas, respecto a las concentraciones de nitratos en ríos y cuerpos de agua superficiales, pero también datos de cultivos, pendiente del terreno, tipo de suelo y otros, entrelazamos estas características, construimos un sistema de información geográfica y por medio de una herramienta de inteligencia artificial, creamos un modelo"

"Al final de la investigación, pudimos hacer un mapa para tener a gran escala cómo está la situación de la concentración de los nitratos a nivel del país en los cuerpos de agua", explicó Rojas.

Según el investigador, **se utilizaron 236 conjuntos de datos conectados y clasificados con las diferentes variantes para alimentar el algoritmo**. El resultado es un modelaje que presenta.

Las conclusiones demuestran una asociación entre actividades agrícolas intensivas y la cantidad de nitratos que estarían presentes en los ríos. También la alerta de que Sierpe y Tortuguero deben monitorearse con mayor atención, por la afectación que podrían estar sufriendo los ecosistemas de estos humedales, declarados de importancia internacional bajo la Convención Ramsar [9].

"Fue realmente satisfactorio y a la vez preocupante. Es bueno saber que la herramienta está funcionando y nos permite ver lo que está pasando a nivel de todo el río, no solo a nivel puntual. Pero es verdaderamente alarmante ver que en un humedal, que se supone que procesa los contaminantes, haya concentraciones tan altas, en especial cerca de la desembocadura, donde se supone que no debería haber este tipo de vegetación". " *Gabriela Chaves, Ingeniería Ambiental*

## Ahogo en Sierpe

Si la investigación de Rojas se amplía a todo el territorio nacional, la de Chaves se enfoca en Sierpe, pero se extiende a lo largo del tiempo. Ella tituló su estudio "**Modelaje de modificaciones en clorofila-a y sólidos suspendidos totales del río Sierpe con bases de datos multiespectrales** [10]".

La investigadora utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE) para el procesamiento de bases de datos espectrales satelitales usadas para la observación temporal de fenómenos terrestres, provenientes del satélite Sentinel 2 de la Agencia Espacial Europea.

Su propósito era aprovechar la información de reflectancia de la superficie terrestre para **inferir la presencia clorofila, como señal de la cantidad de plantas en las aguas superficiales de la laguna, el río y el humedal de Sierpe.**

"La ventaja que tienen las imágenes satelitales es que guardan datos espectrales que están más allá del espectro visible, están más allá de los colores que vemos nosotros los humanos. Tiene, por ejemplo, la banda infrarroja que nos sirve para modelar la clorofila", explicó Chaves.

Según Chaves, Google Earth Engine permite el procesamiento de las imágenes satelitales con mucha mayor facilidad, ya que se trata de grandes cantidades de datos "**Además tiene la virtud de que se pueden hacer series de tiempo con las imágenes de datos guardados por décadas, y visualizar una imagen animada que nos permite ver lo que está pasando a nivel espacio - temporal**", detalló la investigadora.

Esa capacidad de analizar los datos en diferentes periodos de tiempo ayudó a constatar lo que otros estudios previos del TEC habían demostrado: hay una relación entre las fechas en que se fertilizan los cultivos de palma africana en la península de Osa (los periodos de transición de estación lluviosa a seca y de seca a lluviosa), y el posterior crecimiento desmedido de plantas en las aguas superficiales del humedal.

"Al morir estas plantas acuáticas lo que pasa es que empiezan a consumir oxígeno en el proceso de descomposición. Ese oxígeno lo agarran del agua, afectando a otras especies que están ahí habitando, por lo que se causa un gran daño ecológico", afirmó Chaves Brenes.

"Estas tesis son productos que aportan al desarrollo en Costa Rica. Tienen muchos elementos válidos de destacar, el uso de bases de datos de acceso abierto, el uso de herramientas avanzadas para el procesamiento de Big Data e inteligencia artificial, aprovechamiento de información geográfica extensa, cooperación interinstitucional... Van de la mano con la tendencia en ciencia de avanzada a nivel mundial, que provee información productiva y por eso tienen un valor agregado tan grande para el país". " *Máster Laura Hernández, investigadora TEC*

## **Apoyo entre instituciones**

"Es importante siempre hacer sinergias entre las instituciones, en este caso de la parte de nosotros, el Prias, que vemos la parte de geomática de observaciones de la Tierra, de la parte

satelital, y de imagenología, con la Escuela de Química y la carrera de Ambiental del TEC, porque tienen todo el conocimiento del comportamiento del cuerpo hídrico y de la parte química en el agua. Se trata al final de conjuntar este conocimiento y que podamos analizar desde la parte interdisciplinaria como está el comportamiento de los ríos y utilizar estas nuevas tecnologías”, señala el máster Iván Ávila Pérez, investigador Laboratorio Prias.

Por su parte, Hernández destaca que este tipo de modelaciones también son de gran utilidad para que otras personas científicas puedan enfocar de mejor manera sus estudios.

“Si bien las imágenes satelitales o la modelación no son tan precisas como el trabajo de campo, tienen las virtudes de que es mucho más barato y presentan resultados mucho más amplios. Con este tipo de información podemos identificar que en un lugar está ocurriendo algo y luego ir con nuestros aparatos para tomar una medida más puntual”, destaca Hernández.

Es por esto, asegura la investigadora, que en el TEC se está consolidando un grupo de investigación centrado en la modelación ambiental, con la finalidad de seguir perfeccionando herramientas similares a las desarrolladas en estas investigaciones y poner la información a disposición de la sociedad.

Además de sus tesis de grado, estas investigaciones fueron objeto de publicación en la cuarta Conferencia de Procesamiento Bioinspirado, del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

[11].

- Chlorophyll-a Modeling in the Sierpe River with Sentinel-2 and Google Earth Engine [12]
- Modeling of nitrate ion concentration in Costa Rican surface waters [13]



[14]

Sierpe: nitratos del abono llegan en grandes cantidades al mayor humedal del país [14]





[15]

Dispositivo innovador reconocido patente original y ayudará a monitorear calidad del agua

[15]



[16]

El agua de Costa Rica aún tiene muchos retos, y oportunidades, por cumplir [16]

**Source URL (modified on 03/20/2023 - 11:41):** <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/node/4430>

### Enlaces

[1] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/users/johan-umana-venegas>

[2] <https://www.tec.ac.cr/programas-academicos/licenciatura-ingenieria-ambiental>

[3] <https://www.tec.ac.cr/>

[4] <https://www.tec.ac.cr/centros-investigacion/centro-investigacion-proteccion-ambiental-cipa>

[5] <https://prias.cenat.ac.cr/es/>

[6] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/sites/default/files/styles/colorbox/public/media/img/gallery/modelacion-nitratos-rojas-tec-2.png>

[7] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/sites/default/files/styles/colorbox/public/media/img/gallery/modelacion-nitratos-rojas-tec-1.png>

[8] <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13768>

[9] <https://www.ramsar.org/es>

[10] <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13986>

[11] <https://www.ieee.org/>

[12] <https://ieeexplore.ieee.org/document/10032468>

[13] <https://ieeexplore.ieee.org/document/10032473>

[14] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2019/12/19/sierpe-nitratos-abono-llegan-grandes-cantidades-mayor-humedal-pais>

[15] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2022/11/29/dispositivo-innovador-reconocido-patente-original-ayudara-monitorear-calidad-agua>



[16] <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2020/03/20/agua-costa-rica-aun-tiene-muchos-retos-oportunidades-cumplir>