

# Lago Ypacaraí: aplicación de tecnosoles antieutrofizantes y reducción de cianobacterias

YPACARAI LAKE: APPLICATION AS TECHNOSOLS ANTIEUTROFIZANTES AND REDUCTION CYANOBACTERIA

J. Walberto Caballero Achucarro, Master<sup>1</sup>

Celso Velázquez Ibarrola, Magister<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se presentan los resultados de las pruebas con tecnosoles para reducir la concentración de nutrientes N (nitrógeno) y P (fósforo), causantes de la eutrofización del cuerpo hídrico del lago Ypacaraí, en la región central de Paraguay, en el Parque Nacional Lago Ypacaraí. La falta de un manejo adecuado de los recursos naturales, las prácticas agrícolas inadecuadas y los vertidos de efluentes domésticos e industriales no tratados que están cargados de nutrientes causan floraciones de cianobacterias. Especies detectadas son *Raciborskii cylindrospermopsis*, *Spiroides anabaena*, *Aphanocapsa sp.*, *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus turgidus*, *Aphanocapsa sp.*, *Anabaena affinis*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia tenuissima* y *Microcystis flos-aquae*. Los tecnosoles son suelos inertes preparados con componentes similares a los de suelo natural. Tienen la capacidad de adsorción (adhesión, atracción para fijar) específica más alta de fosfatos orgánicos y solubles orgánicos y

<sup>1</sup> Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (España). Alumno del doctorado de la Facultad de Biología, Programa de Medio Ambiente Y Recursos Naturales, de la Universidad de Santiago de Compostela, Galicia, España, quien actualmente está realizando su tesis doctoral sobre el tema "Aplicaciones ambientales de tecnosoles derivados de residuos en Paraguay: recuperación de suelos, agua, ecosistemas y paisajes", bajo la dirección inmediata del PhD Felipe Macías Vázquez, de la Universidad De Santiago De Compostela (España), y el apoyo de la Universidad Nacional De Asunción (Paraguay).

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Itapúa, Escuela de Posgrado, Paraguay. Coordinador Académico, Profesor de Gestión Integral de Recursos Hídricos y Gestión Integral de Residuos Sólidos y Sustancias Peligrosas, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Itapúa, SETI (Sociedad de Estudio de la Tierra), Paraguay.



se seleccionaron de acuerdo con el nivel de N y P. Un limnocorral de dos metros de diámetro fue instalado en el lago para el experimento. Tres bolsas con 8 kilos, cada una, de tecnosoles se instalaron en metros de profundidad: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5. Los resultados muestran que la adsorción e intercambio de iones interactúan con las superficies adsorbentes, y que se adhieren nutrientes. Una consecuencia de la adsorción de N y P, fuentes de alimentos de las cianobacterias, por tecnosoles, genera una fuerte reducción o incluso la desaparición de las especies de cianobacterias, según se observa en los resultados de laboratorio.

**Palabras clave:** tecnosoles; cianobacterias; lago Ypacaraí.

## ABSTRAC

The results of tests with technosols to reduce the concentration of nutrients are presented. N (nitrogen) and P (phosphorus) cause eutrophication in the water body of Ypacarai lake in the central region of Paraguay, located in the National Park Lake Ypacarai. Malpractice in the management of natural resources, inappropriate agricultural practices, discharges of untreated domestic and industrial effluents are loaded with nutrients causing blooms of cyanobacteria and blue green algae. Species detected are *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Anabaena spiroides*, *Aphanocapsa* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Chroococcus turgidus*, *Aphanocapsa* sp., *Anabaena affinis*, *Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia tenuissima* and *Microcystis flos-aquae*. Technosols are inert soils prepared with components similar to those of natural soil. They have higher specific adsorption capacity of organic phosphates and organic solubles and were selected according to the level N and P. A limnocorral of two meters in diameter were installed in the lake for the experiment. Three bags with eight kg of Technosols were installed at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 meters depth. Our results show that adsorption and ion exchange interact with the adsorbent surfaces, and that they adhere nutrients. Technosols thus permit the reduction of phosphorus in water. A consequence of the adsorption of N and P by Technosols is a strong reduction or even disappearance of some species of cyanobacteria, shown by the laboratory results.

**Keywords:** technosols; Ypacarai lake; cyanobacteria.

## INTRODUCCIÓN

El lago Ypacaraí es un cuerpo hídrico altamente contaminado con cianobacterias, generando una floración que con temperaturas altas y sequías importantes producen una masa verduzca a lo largo de gran parte del lago. La investigación busca demostrar que los tecnosoles son una alternativa válida para la recuperación ambiental del lago Ypacaraí y sus afluentes. Aplicados en puntos estratégicos, pueden impedir o minimizar la entrada de nutrientes, materia orgánica y sus microorganismos acompañantes en el ecosistema y, de esta manera, reducir las concentraciones actuales de las cianobacterias y otros compuestos. Es importante destacar que dentro de estas cianobacterias se encuentran especies tóxicas, que en exposición pueden ser peligrosas para la población del lugar u otras personas que se contactan con el cuerpo hídrico contaminado. La aplicación con éxito de tecnosoles en el control de la contaminación de cuerpos hídricos, que tenían el mismo problema de eutrofización y de infestación con algas, como el embalse As Conchas, de Galicia, España, tiene como principio la adsorción de nutrientes que ocasionan la proliferación de las algas en el lago. La técnica de los tecnosoles se basa en la aplicación de la tecnología y los conocimientos científicos de la Ciencia del Suelo y de la Biogeoquímica para preparar suelos con diferentes formulaciones físico-químicas; en este caso, anti-eutrofizantes, cuya composición deriva de una fórmula que se modifica en función de las características del problema. Tecnosol es una palabra compuesta (tecno, tecnología; sol: suelo). Es la creación de nuevos suelos aplicando la tecnología y los conocimientos científicos. La técnica consiste en aprovechar como materia prima preferentemente todo tipo de desechos para elaborar a partir de ellos y con diferentes formulaciones físico-químicas el suelo deseado para aplicar a cada terreno degradado o contaminado. La técnica ya era en parte conocida, pero el perfeccionamiento con la creación de “suelo a la carta” y del suelo “a imagen de los suelos naturales” o elaboración de cada tipo de tecnosol fue desarrollado por expertos de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), España, cuyo propulsor principal es el científico Dr. Felipe Macías Vázquez, del Departamento de Edafología de la citada institución educativa superior.

El objetivo general del proyecto es probar la efectividad de los tecnosoles en la disminución de nutrientes en el lago Ypacaraí, a través de una prueba piloto en limnocorrales. Los objetivos específicos se desprenden de lo general y consisten en:



aplicar los tecnosoles a través de los limnocorales en un sitio del lago Ypacará, en la costa de Areguá; muestrear periódicamente las aguas, tanto del lago como de los limnocorales; determinar los parámetros de la concentración de nutrientes antes y después de la aplicación de tecnosoles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron aplicados tecnosoles en una prueba piloto en el lago Ypacará a fin de adsorber los nutrientes P y N, principalmente, y de esta manera romper el ciclo de reproducción de las cianobacterias, especialmente en el espejo de agua. Para la preparación de los tecnosoles fueron seleccionados suelos ándicos de España como base para la preparación en laboratorio. Otros suelos de origen paraguayo fueron utilizados en forma empírica. Se tomaron muestras de las aguas del lago Ypacará y de aguas del mismo lago, pero tratadas con tecnosoles, tanto las de origen español como los de Paraguay.

Para realizar la investigación fue aislado un volumen determinado de agua del lago, de unos 15.000 litros en un limnocorral, en el cual fueron instaladas bolsas que contienen tecnosoles a distintas profundidades. Los sitios seleccionados para la instalación están relacionados con la concentración de cianobacterias y la reproducción de las condiciones climatológicas del lugar. Para la colocación de los limnocorales se buscó recrear las condiciones naturales de los sitios.

Fueron utilizados dos limnocorales en sitios preseleccionados:

- a. Un limnocorral con agua del lago más tecnosoles elaborados con suelos paraguayos.
- b. Un limnocorral con agua del lago más tecnosoles preparados con suelos españoles.

Los tecnosoles fueron situados dentro del limnocorral en sacos colgados de cuerdas a diferentes profundidades.

Las muestras tomadas en forma periódica de las aguas del lago y de los limnocorales fueron enviadas a laboratorios del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Asunción (CEMIT-UNA), y al laboratorio de la Facultad de Biología de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), España.

Fueron determinados los siguientes parámetros: pH, O<sub>2</sub> disuelto, potencial redox, turbiedad, temperatura, disco secchi, (In situ). Demanda química de oxígeno, DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, nitrito, nitrato y fósforo total (digestión fuerte) (letra C del Standard methods), Soluble total (letra G) filtrado, total particulado, total orgánico (D), total reactivo (A) y otros análisis como metales, totales o solubles (Fe, Mn, Zn, Na, K Ca Mg, etc.).

## RESULTADOS

La investigación realizada demuestra que la aplicación de tecnosoles en las aguas del lago es efectiva para la reducción de las nutrientes y, en consecuencia, la eliminación de cianobacterias. La concentración de cianobacterias, antes y después de la aplicación de tecnosoles, es distinta. Luego de la aplicación de los tecnosoles se han reducido considerablemente. Incluso, algunas especies de cianobacterias desaparecieron.

El siguiente cuadro corresponde al informe de los resultados laboratoriales de los análisis realizados por el CEMIT/UNA, donde se muestran las fechas de los muestreos (16 y 23 de enero 2013), con las cantidades de células de cada una de las nueve especies de cianobacterias, por cada mililitro de agua del lago. Los datos del 16/01/2013 corresponden a las condiciones en que se encontraban las aguas del lago al inicio del proyecto; los del 23/01/2013, a los resultados con la aplicación de los tecnosoles antieutrofizantes. Nótese la disminución de la cantidad de células de cianobacterias. Cinco especies han desaparecido por completo (reducción del 100%), mientras que otras dos (*Cylindrospermopsis raciborskii* y *Microcystis aeruginosa*) quedaron reducidos en unos 90%. El total de cianobacterias por cada mililitro de agua del lago se redujo de 308.643 células a 27.345 células, en una semana de aplicación de tecnosoles, lo que representa una reducción del crecimiento de las mismas de 93,08%.



## CONCLUSIÓN

La reducción de las cianobacterias durante la prueba ha sido del orden del 80 al 100%. La *Cylindrospermopsis raciborskii*, una de las más letales, se redujo en un 98,7%.

Los tecnosoles preparados tienen la capacidad de adsorción específica más alta de fosfatos orgánicos y solubles orgánicos.

Una consecuencia de la adsorción de N y P es la fuerte reducción o incluso la desaparición de algunas especies de cianobacterias, que se muestra por los resultados de laboratorio.

La aplicación de tecnosoles en el tratamiento de las aguas contaminadas reducirá las cianobacterias por medio de la adsorción de nutrientes P y N, y permitirá mejorar las condiciones ambientales del lago Ypacaraí. Los resultados permitirán a los connacionales vivir en un ambiente saludable y, en particular, a los turistas, quienes podrán disfrutar del uso recreativo del mismo, aumentar la dinámica económica, el poder adquisitivo de los pobladores del perilago y de los de la cuenca del lago Ypacaraí, al tiempo de reactivar la pesca de subsistencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Caballero A., W. (2011) “*Recuperan suelos mineros degradados con tecnosoles*”, publicado en el diario ABC Color, de Asunción, Paraguay, en ediciones impresa y digital. <http://www.abc.com.py/nota/recuperan-suelos-mineros-degradados-con-tecnosoles/> (último acceso, noviembre 2012).
- Camps A, M. y Pinto, M. Edafología (2004), “*Los sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kyoto*”. *Revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*. “Ciclo del Carbono”, vol. 11 (1), SECS, Unidixital, España. Pp. 27–37.
- Guzmán Hennessey, M. (2010) “Discusión e investigación en red sobre temas ambientales. Ciclo 1: El mercado de los bonos de carbono en América Latina”, octubre de 2010. Basado en varias fuentes, entre ellas: Centre for Environmental Strategy de la University of Surrey, Gold Estándar, Carbon. Trust, Cordelin, BM, Cero CO<sub>2</sub>. <http://manuelguzmanhennessy.blogspot.com> (último acceso, junio 2011).
- Guzmán Hennessey, M. (2010) “La tendencia Carbono Neutral: Líneas generales de una propuesta orientada a estimular programas de reducción y compensación de emisiones”. <http://miradasdeinternacional.wordpress.com/2010/>.
- IPCC (1996) “*Directrices revisadas del IPCC*”, de la página oficial de la oficina de NN.UU. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm> (último acceso, abril 2011).
- Macías, F. y Camps Arbestain, M. (2004) *Secuestro de Carbono. Reunión Internacional Secuestro de Carbono en suelos y biomasa*. Edafología, Ciclo de Carbono, revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, vol. 11 (1), pp. 1–5.
- Segnini, G. (2011) “*Las ataduras de un gigante verde*” Consejo de Redacción – CdR. [http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR\\_documents/actividades/bonos\\_carbono\\_2010/bonos\\_carbono.html](http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR_documents/actividades/bonos_carbono_2010/bonos_carbono.html). (último acceso, julio 2011).
- UNFCCC (2011) CDM: Project Activities. Project search. Registered. Status. <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> (último acceso, julio 2011).



