

Biorremediación de hidrocarburos en la Antártida

LOS MICROORGANISMOS AUTÓCTONOS COMO HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA EL CUIDADO DE LOS SUELOS

LA ANTÁRTIDA ES AFECTADA
POR LA PRESENCIA HUMANA

Desde el año 1904, nuestro país ha tenido una presencia constante en la Antártida. Actualmente, seis bases permanentes y siete temporarias evidencian la activa presencia argentina en el continente blanco. Allí, la energía para el movimiento de vehículos, la generación de calor y la producción de electricidad es obtenida a partir de los combustibles derivados del petróleo. Por esta razón, anualmente millones de litros de **Gas Oil Antártico** (GOA) son transportados, almacenados en grandes cisternas y utilizados en las bases antárticas de diferentes países, incluyendo las de Argentina. El manejo de estos grandes volúmenes de combustible bajo condiciones climáticas muy adversas puede generar (y de hecho genera) focos de contaminación, especialmente en el suelo cercano a las cisternas de almacenamiento (FIGURA 1).

Como signatario original del Tratado Antártico (1959) y su protocolo de protección ambiental (1991), la Argentina se ha comprometido



Figura 1: Tanques de almacenamiento de combustible en la Base Carlini.

a “...proteger el medio ambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados”. Por ello, el daño ambiental puede y debe ser reparado.

Bajo esta premisa, el grupo de microbiología ambiental del Instituto Antártico Argentino desarrolla un proyecto biotecnológico (uso de los organismos vivos para obtener productos y servicios) con el fin de enfrentar este problema ambiental. El objetivo del proyecto es desarrollar metodologías de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos que sean aplicables en la Antártida y otras regiones de clima frío extremo, donde los **microorganismos mesófilos** no pueden desarrollarse.

¿QUÉ ES LA BIORREMEDIACIÓN?

Los procesos de biorremediación aprovechan la capacidad de los organismos vivos (especialmente bacterias y hongos) para transformar químicamente los contaminantes tóxicos en compuestos menos tóxicos o carentes de toxicidad, contribuyendo así al saneamiento de los ambientes naturales afectados. **Al ser un proceso biológico, la biorremediación está condicionada por factores ambientales, como la temperatura y la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento** de los microorganismos. Aunque las bajas temperaturas son una constante en la Antártida, la capa superficial de los suelos en el norte de la Península Antártica puede alcanzar entre 15° C a 20° C durante el verano debido a la radiación solar. Esto brinda condiciones favorables para el **potencial catabólico** tanto de los **microorganismos psicrófilos** como de los **sicrotolerantes**.

Actualmente, un proceso de biorremediación puede diseñarse según dos estrategias principales:

1. La **bioestimulación**, que consiste principalmente en balancear los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P) en relación con el carbono (C) existente. Esta

estrategia tiende a atenuar el desbalance en la relación C:N:P producto del exceso de C aportado por los hidrocarburos que impide un desarrollo óptimo de los microorganismos.

2. El bioaumentación, que es una estrategia que busca proveer al suelo contaminado de una mayor capacidad catabólica mediante el agregado de microorganismos degradadores de los contaminantes. Su implementación requiere de una etapa previa de cultivo, así como de algún método para introducir el inóculo de manera exitosa en el suelo, lo que lo torna más costoso. Dadas las estrictas reglamentaciones sobre la introducción de organismos no autóctonos, el bioaumentación en la Antártida implica la utilización de microorganismos obtenidos del mismo sitio que se está tratando.



Figura 2: Los procesos biológicos deben ocurrir bajo condiciones climáticas extremas. Estas parcelas de terreno se encuentran la mayor parte del tiempo cubiertas de nieve, aun en el verano.

GLOSARIO

GAS OIL ANTÁRTICO (GOA): mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación del petróleo, que se utiliza como combustible en la Antártida y en otras regiones de clima frío.

MICROORGANISMOS MESÓFILOS: aquellos capaces de desarrollarse óptimamente a temperaturas en el rango de 20° C a 40° C.

MICROORGANISMOS SICRÓFILOS: aquellos capaces de desarrollarse óptimamente a temperaturas menores a 20° C, y que son incapaces de crecer por encima de esa temperatura.

MICROORGANISMOS SICROTOLERANTES: pueden crecer a temperaturas menores a 20° C, pero lo hacen de manera óptima por encima de 20° C.

CAPACIDAD CATABÓLICA: habilidad para transformar moléculas complejas en otras más simples, a través de reacciones bioquímicas.

INÓCULO: microorganismos que se agregan o introducen a un sistema para favorecer la colonización del mismo.

CONTAMINACIÓN CRÓNICA: introducción repetida en el tiempo de pequeñas dosis de un compuesto tóxico o perjudicial a una matriz. Por su gradualidad, permite el desarrollo de microorganismos adaptados a la presencia del contaminante.

CONTAMINACIÓN AGUDA: introducción de un compuesto tóxico o perjudicial en una matriz sin historia de contaminación.

¿QUÉ HEMOS OBSERVADO EN LA ANTÁRTIDA?

En uno de los estudios realizados en las cercanías de la Base Carlini para evaluar las estrategias de biorremediación de un suelo con **contaminación crónica**, que contenía 5950 mg/kg de hidrocarburos (FIGURA 2). Se implementaron diferentes técnicas, pero la más adecuada fue el sistema de bioestimulación con flora autóctona que removió el 65% de los contaminantes en solo 48 días. Esto significa que la bioestimulación puede remover, en un periodo de entre 45 y 60 días, entre el 60 y el 80% de los contaminantes presentes en el suelo. En cambio, los sistemas en los que se aplicó bioaumentación (con diferentes combinaciones de microorganismos degradadores) no mejoraron la eficiencia del proceso en comparación con el sistema bioestimulado.

FUTUROS ESTUDIOS

Actualmente, estamos analizando si el bioaumentación podría ser una herramienta beneficiosa en los casos de **contaminación aguda**. Por ejemplo, cuando suelos prístinos (sin historia de exposición a contaminantes o ninguna intervención antropogénica) son afectados por un derrame accidental. Nuestros estudios buscan aislar microorganismos antárticos capaces de degradar con alta eficiencia los hidrocarburos involucrados en el derrame y elaborar con ellos inoculantes que permitan su supervivencia en el suelo. La figura 3 muestra imágenes de algunas de las bacterias degradadoras inmovilizadas sobre diferentes soportes para su inoculación.

A su vez, estamos buscando optimizar las estrategias de bioestimulación y el uso racional de los recursos en los suelos de la Base Carlini. De esta manera, seguimos avanzando en el desarrollo de procesos de biorremediación eficientes, simples y de bajo costo que se ajusten a la legislación vigente para que la Argentina disminuya el impacto de la presencia antrópica en la Antártida y cumpla así con el compromiso asumido de proteger su medio ambiente.

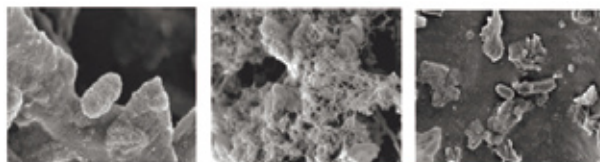


Figura 3: Aspecto de algunas de las bacterias antárticas estudiadas, inmovilizadas sobre soportes inertes para ser utilizadas en la biorremediación de suelos contaminados en forma aguda.

LUCAS RUBERTO

IAA, UBA, CONICET
luruberto@gmail.com

LUCAS MARTÍNEZ

IAA, UBA, CONICET

SUSANA VÁZQUEZ

IAA, UBA, CONICET

JULIA VILLALBA PRIMITZ

IAA, UBA, CONICET

WALTER MAC CORMACK

IAA, UBA, CONICET