



# Biorremediación Limpia el Agua en la Laguna Occom de la Universidad de Dartmouth

Lugar: Laguna Occom, Universidad de Dartmouth, Nuevo Hampshire

## Antecedentes:

El Parque Pine es un bosque de noventa acres con árboles de pino de 125 años de edad, ubicado en la Universidad de Dartmouth. Este parque empieza en el norte del campus en el lindero con el campo de golfo del Club de Campo Hanover y se extiende a lo largo del río Connecticut desde el Club de Canotaje Ledyard hacia el norte. Los residentes locales rescataron los árboles de la Empresa Diamond Math en 1900 y luego ellos convirtieron el terreno en una Universidad y el pueblo de Hanover.

El parque es un área prístina donde interactúan los ecosistemas del bosque y río, hábitat de una biodiversidad de vida salvaje acuática y del bosque. Varios senderos atraviesan el bosque, el cual ofrece excelentes caminatas, esquí de fondo y trotar acompañando por una espectacular sensación de aislamiento del mundo humano.

El lugar incluye una laguna de 10 acres, diseñada para disfrutarse.

Lamentablemente, la laguna no había recibido un mantenimiento correcto. Se había acumulado una capa gruesa de lodo residual de fondo; el agua se había tornado turbia, el crecimiento de alga creó una capa residual en la superficie; y, además, la laguna tenía mal olor.

Con un presupuesto limitado y una laguna de tal tamaño, se dudaba que pudiese regresar a su estado pristino.

## Objetivo:

La Universidad trabajó junto con **Ecological Laboratories (EL)** para desarrollar un programa de bioaumentación utilizando la tecnología **MICROBE-LIFT®** para limpiar la laguna. El objetivo del programa fue acelerar la degradación biológica de toda la materia orgánica acumulada en el ecosistema de la laguna: a lo largo de la orilla (zona literal), la superficie de la zona de aguas abierta (zona limnética) y el sedimento del fondo (zona bética).



**Figura 1:** Esta imagen se tomó el 15 de mayo del 2006 y muestra la turbidez del agua.



**Figura 2:** Otra imagen tomada el 15 de mayo del 2006 y muestra un primer plano de la turbidez y capa residual en la superficie de la laguna.



El programa requirió de un tratamiento de todo un año, el cuál inició en los meses de verano.

### Objetivos del Programa:

1. Reducir de 6-18 pulgadas los sólidos de fondo durante un período de 12 meses.
2. Apoyar en controlar las floraciones de alga, en combinación con un programa de majeo de lagunas.
3. Reducir los malos olores.
4. Reducir por lo menos en un 20% de los niveles de DBO, DQO y SS.
5. Reducir las concentraciones de nutrientes en la laguna.
6. Mejorar la calidad y claridad del agua.

El tratamiento se implementó del 24 de mayo al 13 de octubre del 2006 por un equipo competente de Dartmouth liderado por Stephen Glaholj y Robert Thebodo. **Ecological Labs** trabajó de cerca con el equipo para asegurar el éxito.

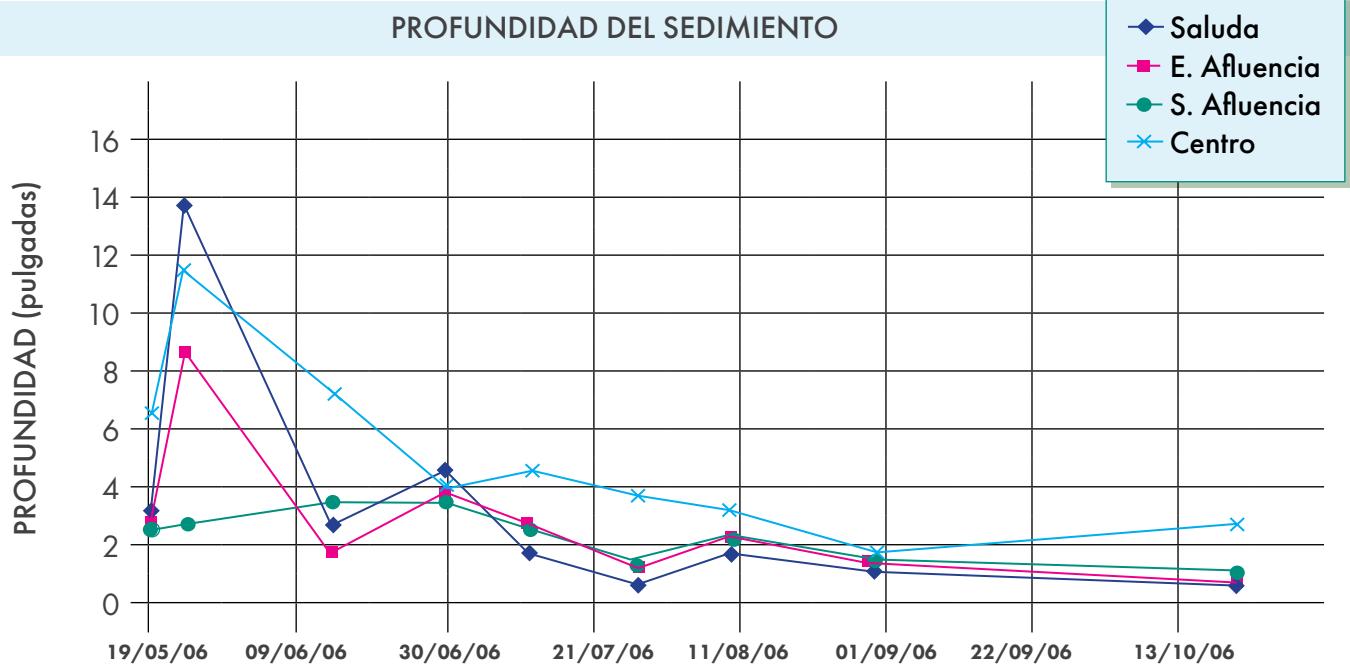
**EL** realizó algunas modificaciones al programa, donde necesario, dependiendo del clima y los resultados. La dosificación se redujo durante fuertes precipitaciones en los meses de mayo, junio y julio y la dosis se incrementó durante los meses de agosto y septiembre cuando se disipan las precipitaciones. Los datos se monitorearon durante los primeros seis meses del programa.

### Resultados Obtenidos:

Durante la primera fase del programa de bioaumentación de mayo a octubre del 2006, el área de la Laguna Occom experimentó lluvias torrenciales de 8 y 9 pulgadas, por encima del promedio de precipitación (referencia "Precipitación en Lebanon, NH"). Las fuertes lluvias impactaron el volumen del agua y el contenido orgánico, según el DBO, DQO, SS y TSS y niveles de nutrientes elevados, debido a un exceso de escorrentía del área circundante. No había zonas de amortiguamiento que protegieran a la laguna de la escorrentía de fertilizantes y plaguicidas.

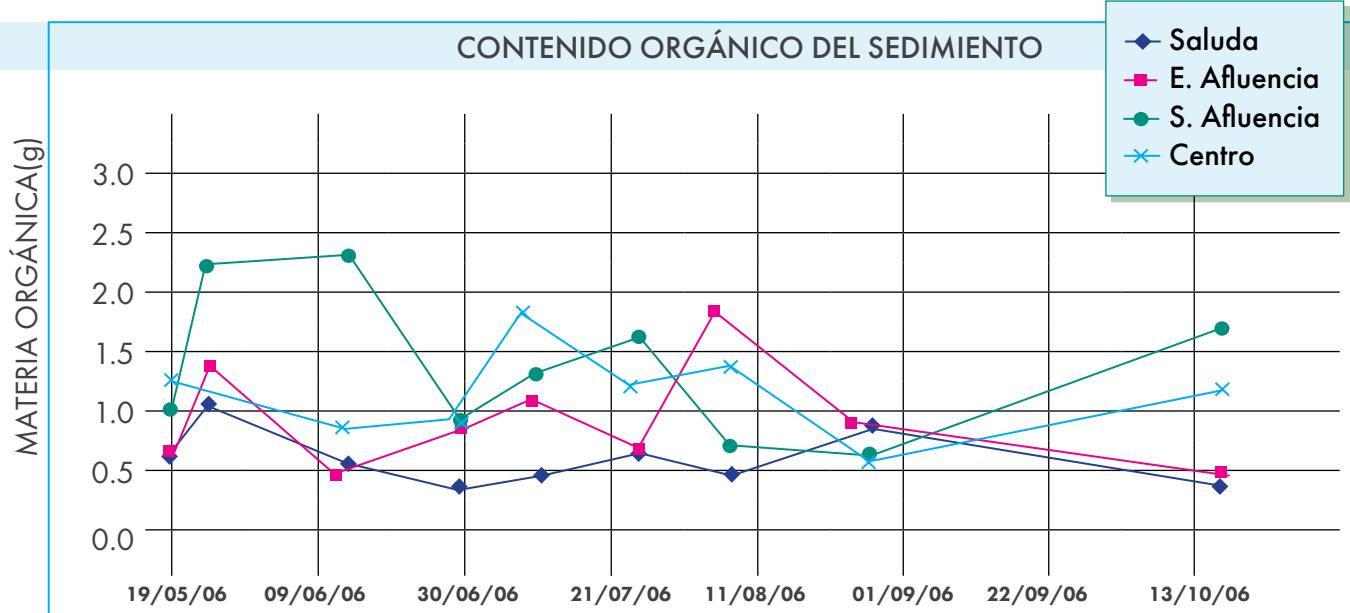
La gráfica de sedimentación muestra el nivel de sólidos de fondo y el porcentaje de contenido de materia orgánica de la Laguna Occom. Los primeros puntos de partida de la primera línea de base fueron incorrectos debido al uso incorrecto del medidor de lodo. Por ende, los datos de los sólidos de fondo deben compararse con los puntos más altos que aparecen el 20 de mayo. Este dato representa los niveles reales de la línea de base, según se determinaron antes del primer tratamiento el 24 de mayo. A partir de ahí, los datos de sólidos se compilaron y monitorearon dos veces al mes después de iniciar el tratamiento.

Los datos indican que los sólidos de fondo fueron reducidos significativamente durante la fase de tratamiento. Esto se logró a pesar del exceso de lluvias.



**Gráfica 1:** La gráfica muestra la reducción en sedimentos en registros bimensuales a lo largo del programa de tratamiento. El primer punto de datos estaba incorrecto debido al uso incorrecto del medidor de lodo, por consiguiente, el segundo punto de datos es la línea de base real.

El metabolismo bacteriano continuará descomponiendo los sólidos orgánicos hasta lograr la mineralización, quedando únicamente la porción inorgánica del lodo. El porcentaje de sólidos orgánicos en el lodo determina el potencial para la eliminación biológica. Los datos de abajo indican la porción orgánica del sedimento en la Laguna Occom, la cual está elevada. Por consiguiente, el potencial para una eliminación biológica exitosa es alto. El estima que es razonable esperar una eliminación de 6 a 12 pulgadas del lodo de fondo al año dependiendo de la temperatura y otros factores ambientales.



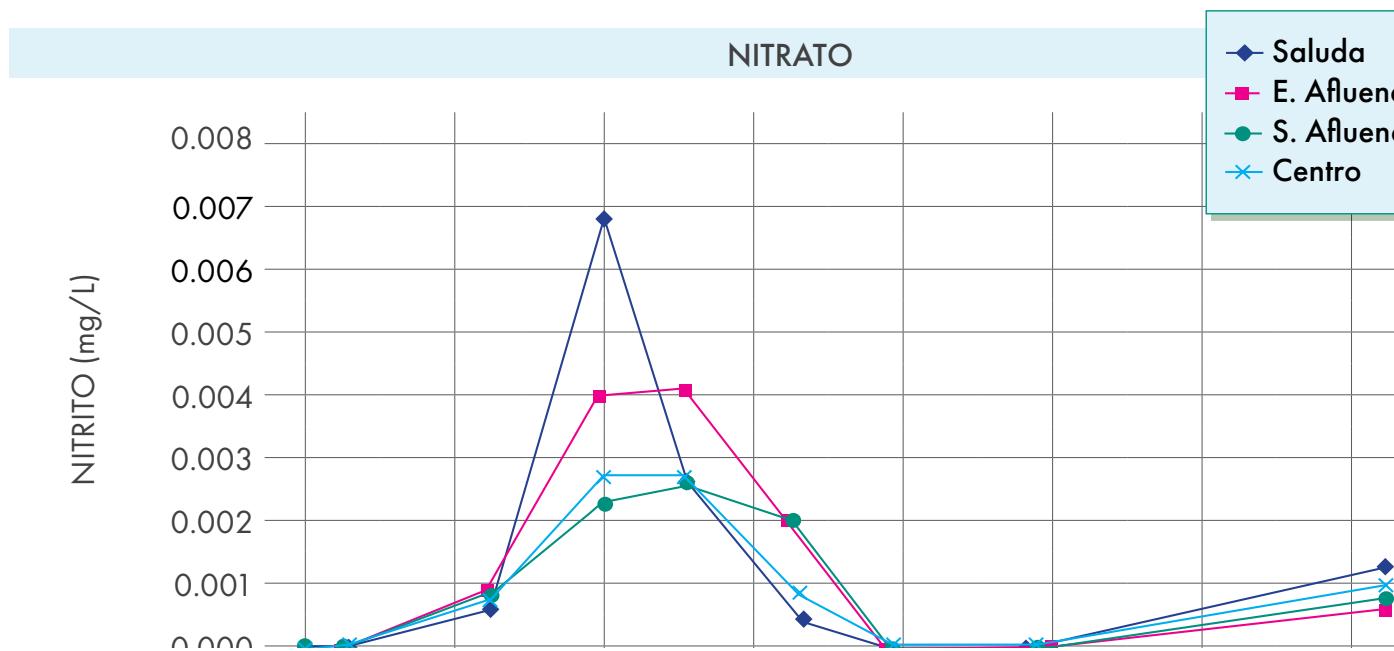
**Gráfica 2:** La cantidad de materia orgánica en el sedimento es alta, por lo tanto, el potencial para la exitosa eliminación biológica es alto.

## Biorremediación Limpia el Agua en la Laguna Occom de la Universidad de Dartmouth

Durante la oxidación biológica de la materia orgánica en el lodo se liberan subproductos al agua aumentando la carga orgánica (DBO, DQO) sobre los microorganismos en el cuerpo de agua. Esta liberación puede aumentar temporalmente los resultados de DBO hasta que la actividad bacteriana del programa de bioaumentación alcance un equilibrio.

Los repuntes en DBO de la gráfica anterior también coinciden con fuertes lluvias, dado que el agua que entra trae orgánicos tanto en forma particulada (asentable) como soluble. La zona del afluente sur indica que las fuertes lluvias pudieron haber contribuido de manera inusual con una alta carga de materia orgánica al agua y lodo de la laguna.

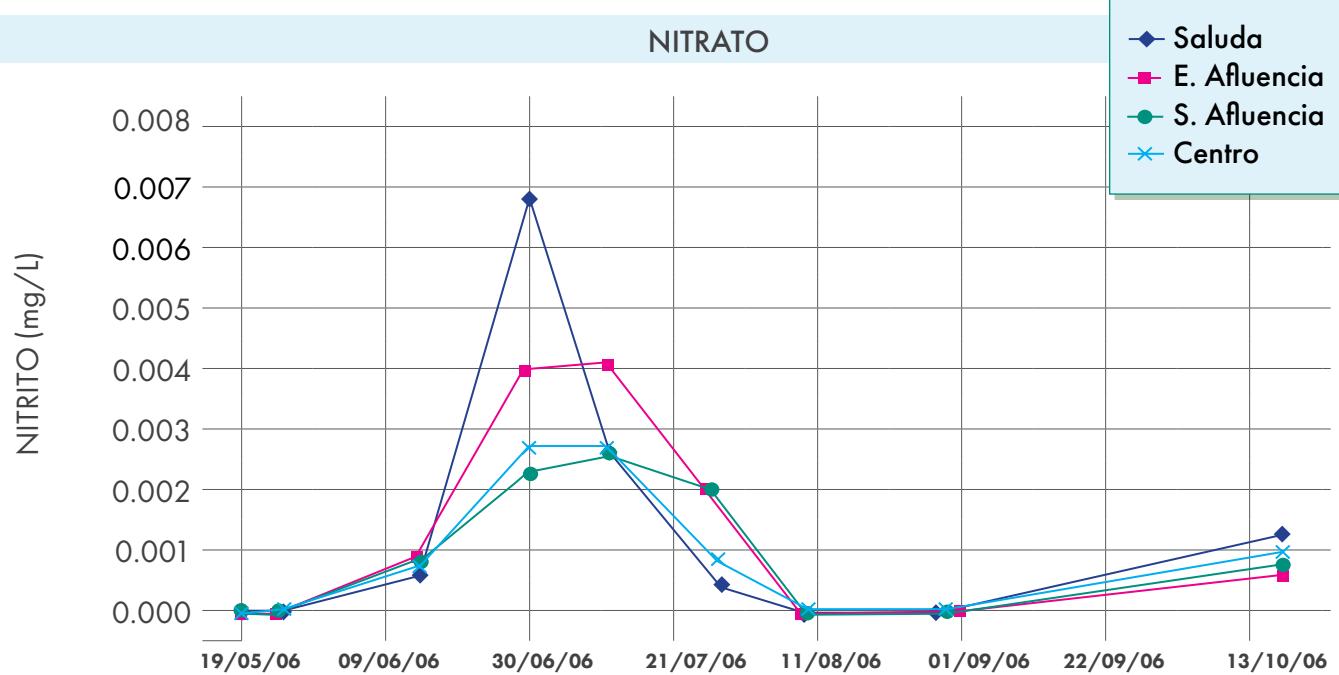
También se monitorearon los niveles de nutrientes en el agua. Los niveles de amoníaco se deben, en principio, por la descomposición biológica de la materia orgánica que contiene nitrógeno, liberándose amoníaco o deaminación. Varios procesos metabólicos bacterianos pueden convertir amoníaco en nitrato, una forma que las plantas o microorganismos pueden utilizar, o incluso microorganismos pueden convertirlo por completo en gas nitrógeno, liberándose a la atmósfera. Dado que la Laguna Occom tenía un exceso de nutrientes, la acción bacteriana era necesaria para remover el nitrógeno.



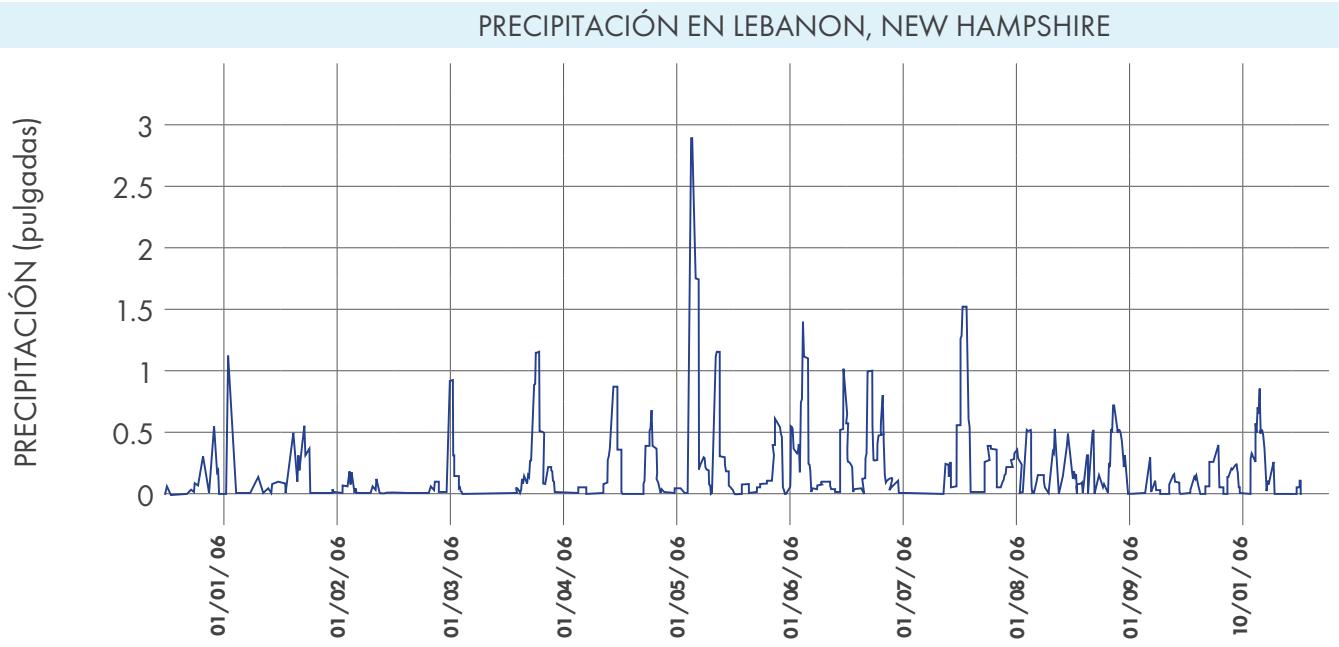
**Gráfica 3:** Los repuntes de amoníaco ocurren después de la bioaumentación en agosto y septiembre.

A parte de la vía normal para la oxidación del amoníaco, el nitrato se acumula a niveles excesivos debido a la escorrentía de fertilizantes. Las aguas superficiales recolectan el fertilizante y lo depositan en lagunas, ríos y otros cuerpos de agua. Sitios cercanos a residenciales, clubs de golf o granjas son particularmente vulnerables. Tal como lo muestra la siguiente gráfica, las etapas iniciales de fuertes lluvias concentraron la contaminación con nitrato.

## Biorremediación Limpia el Agua y Elimina el Alga en la Laguna Occom de la Universidad de Dartmouth

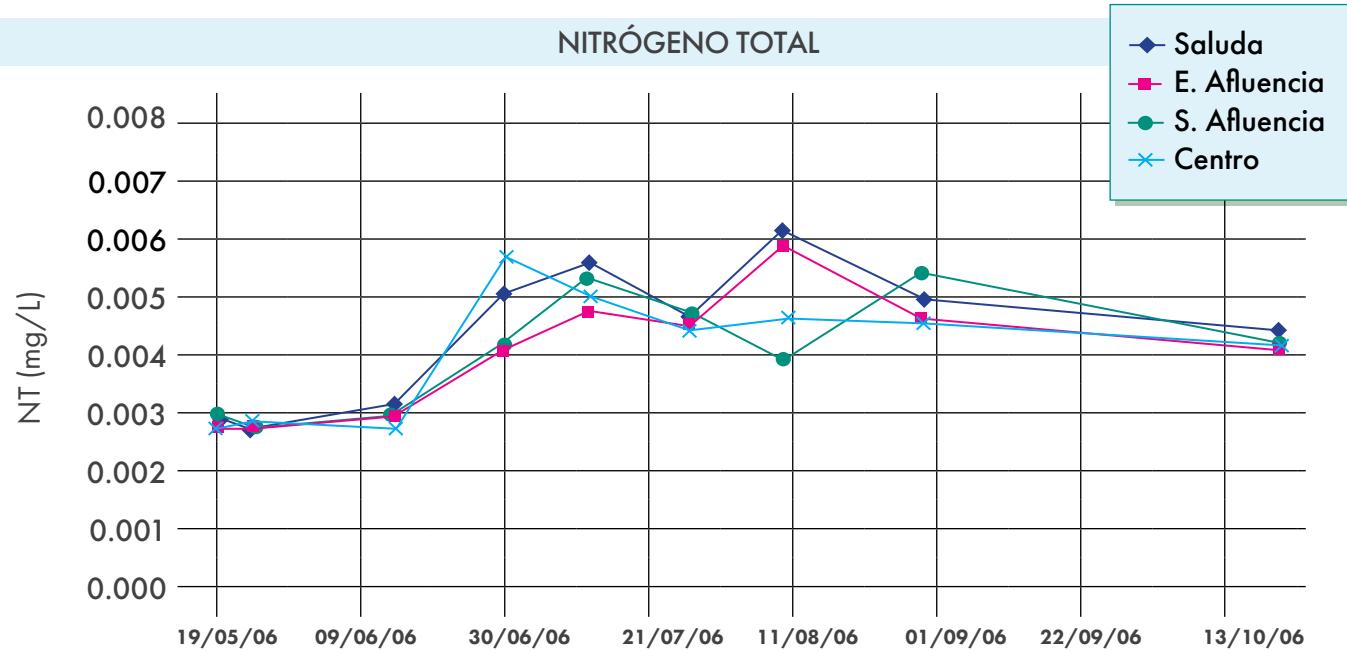


**Gráfica 4:** Las etapas iniciales de fuertes lluvias concentran la contaminación de nitrato.



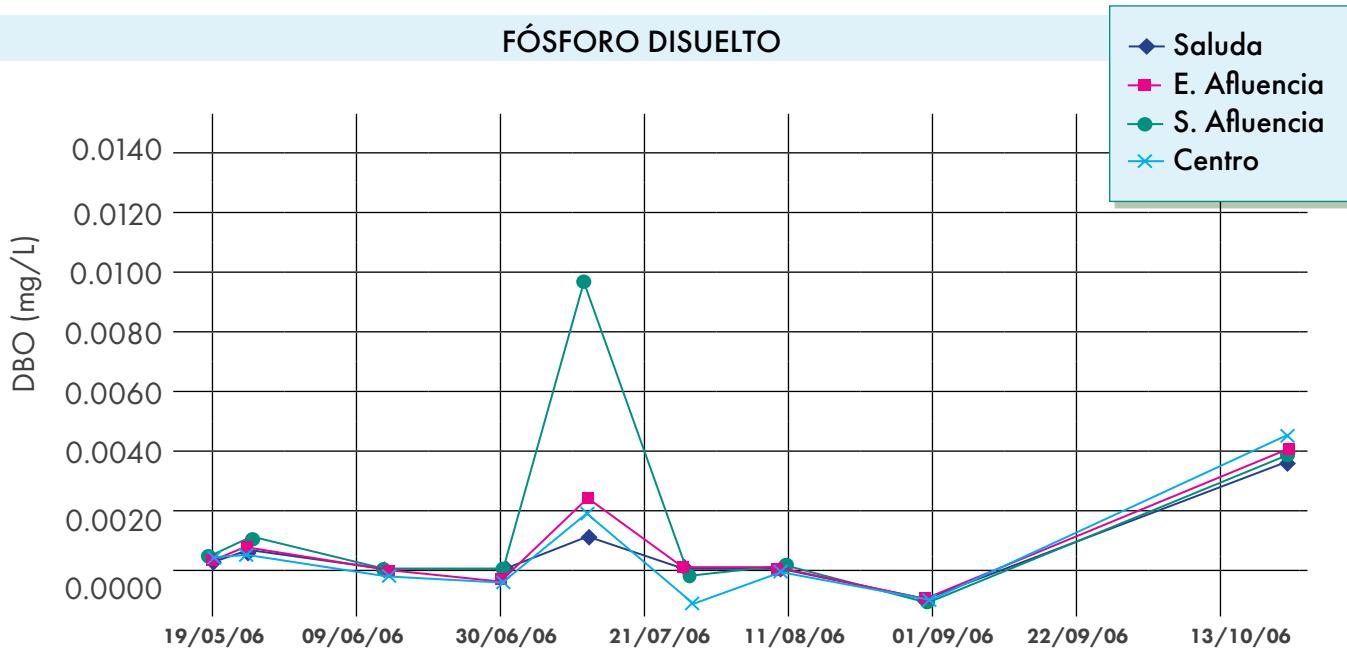
**Gráfica 5:** Nótese cómo el repunte de precipitación se correlaciona con el repunte en la concentración de nitrato en la laguna.

Un nivel alto de nitrato es un problema ya que promueve el crecimiento de algas y plantas subacuáticas causando la eutrofización. Los microorganismos capaces de desnitrificación utilizan el nitrato como acceptor terminal de electrones en lugar de oxígeno, liberando así gas nitrógeno. Esto ocurre en las zonas anaeróbicas del lodo, a menudo produciendo burbujeo en la superficie del agua liberando gases.



**Gráfica 6:** El nitrógeno total incluye toda forma de nitrógeno: amoníaco, nitrito y nitrato, además del nitrógeno en los compuestos orgánicos. Esta curva muestra la influencia de los repuntes en nitrato y amoníaco.

El fósforo es otro nutriente problemático, dado que también contribuye al crecimiento de algas. La Laguna Occom se ubica en una hondonada muy cerca de un club de golf y áreas residenciales. Estos factores contribuyen a los niveles de fosfato de la laguna, a través de la escorrentía de fertilizantes. No existe ningún sistema de amortiguamiento para contener la escorrentía que podría mitigar estos factores.

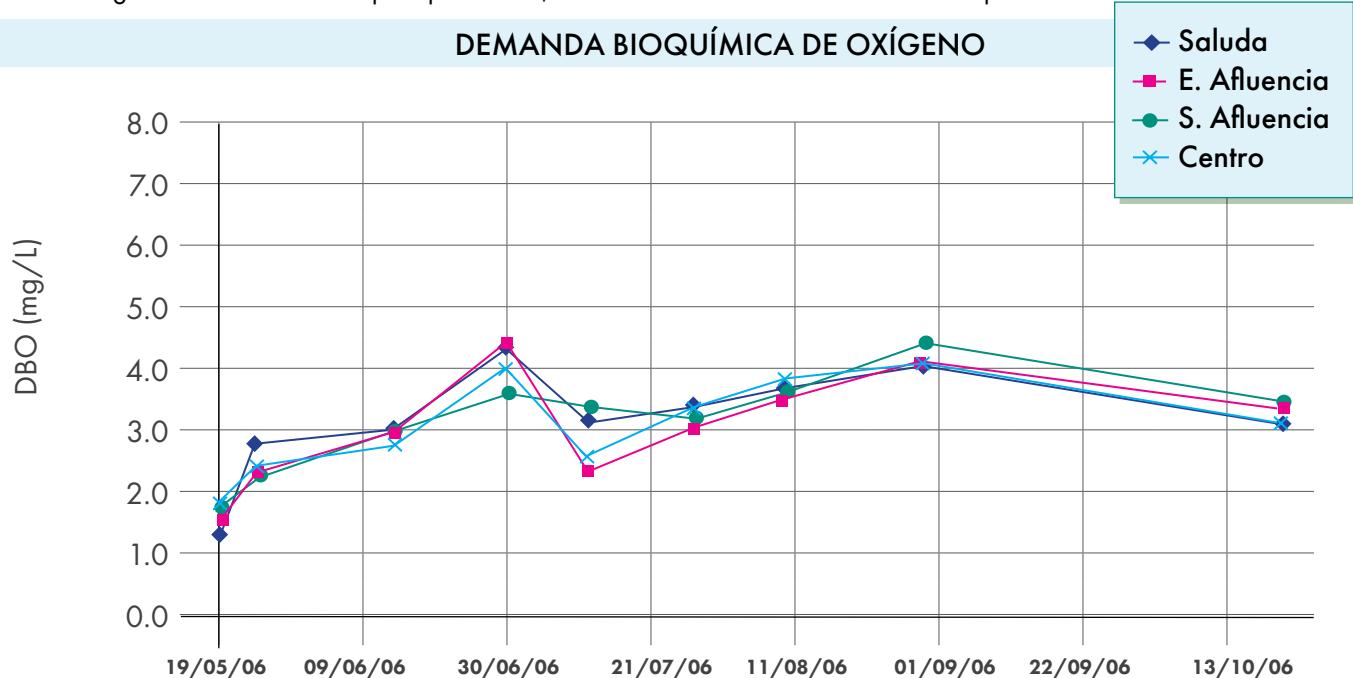


**Gráfica 7:** Los niveles de fósforo también muestran un repunte que coincide con fuertes torrenciales.

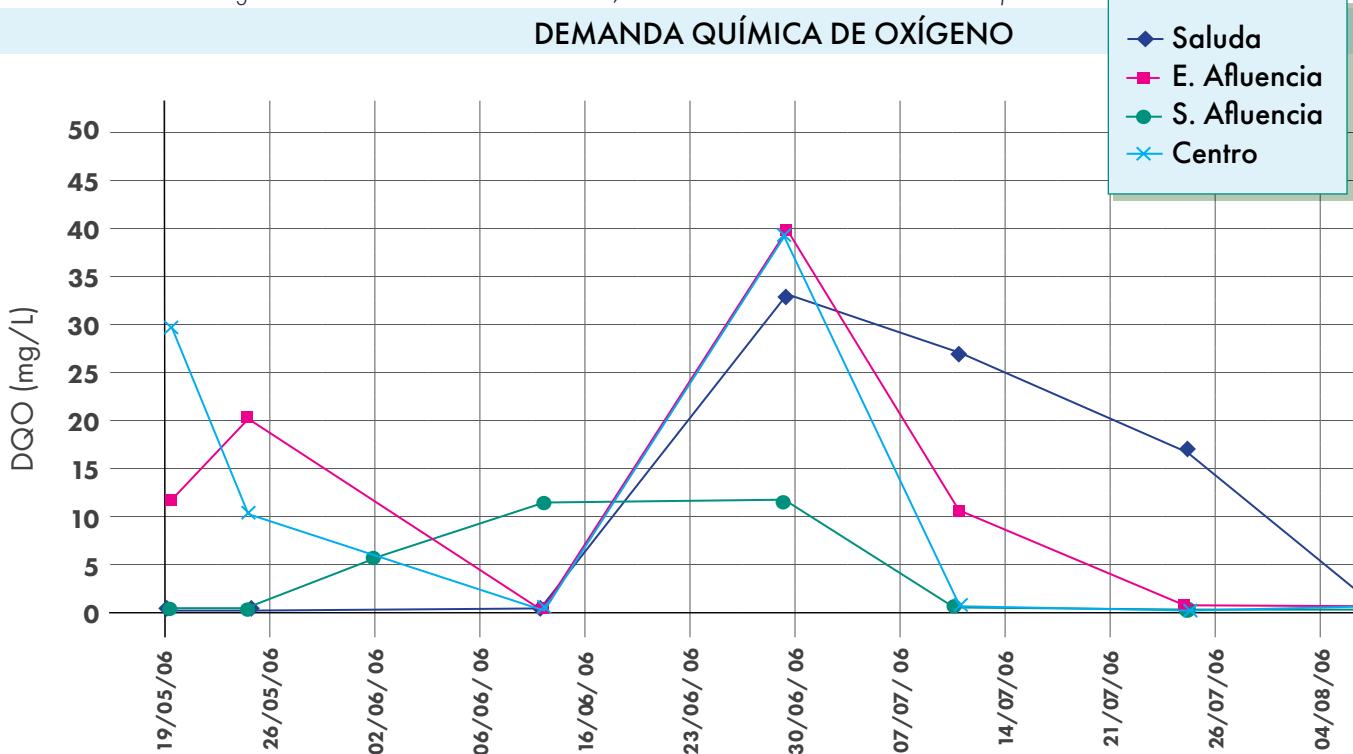
## Biorremediación Limpia el Agua en la Laguna Occom de la Universidad de Dartmouth

Para compensar con los fuertes torrenciales, el programa de tratamiento de bioaumentación se modificó mensualmente con cambios en la dosis, según fue necesario, para asegurar la efectividad a largo plazo del proyecto.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o la contaminación orgánica del agua resulta como consecuencia de varios factores: a) materia orgánica soluble liberada de los sólidos del fondo, b) conversión de cierta DQO o material de degradación lenta en material degradable en base a las capacidades de microorganismos específicos, y c) materia orgánica que ingresa al sistema mediante afluentes u otra fuente natural, tal como desechos animales. La siguiente gráfica muestra el incremento de los depósitos de materia orgánica durante fuertes precipitaciones, alcanzando el máximo nivel el 30 de junio.



Gráfica 8: La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) muestra un incremento en el depósito de materia orgánica durante los fuertes torrenciales, alcanzando el máximo nivel el 30 de junio.



Gráfica 9: La Demanda Química de Oxígeno (DQO) muestra un incremento en el afluente por fuertes lluvias, la cual disminuye en la desembocadura debido a la acción de degradación de los microorganismos.

## Biorremediación Limpia el Agua en la Laguna Occom de la Universidad de Dartmouth

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medición que incluye el material biodegradable (DBO) más orgánicos no biodegradable, que por lo general requieren de químicos fuertes para su descomposición. La DQO de la Laguna Occom, controlada fuertemente por la introducción de materia de degradación lenta y no biodegradable a través de eventos de precipitación y el incremento del DQO, es reflejo del incremento en la precipitación. También hay una reducción en las secciones no biodegradables como resultado de una tasa alta de microorganismos que convirtieron compuestos de degradación lenta en DBO, seguido por la oxidación biológica.

### Conclusiones y discusión:

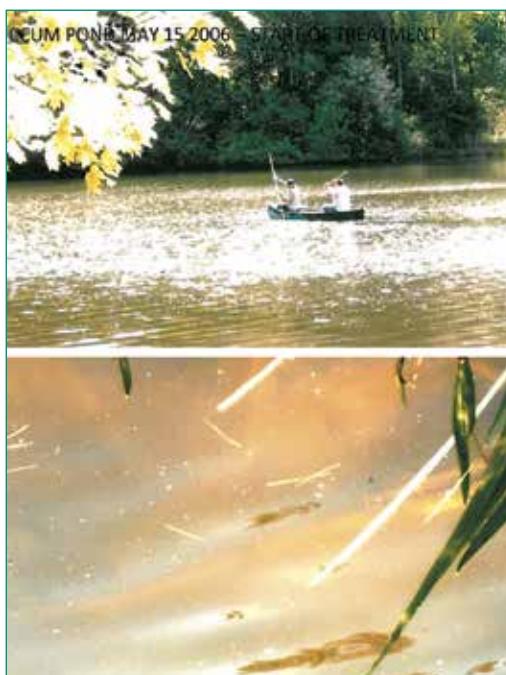
Esta primera fase del tratamiento con tecnología **MICROBE-LIFT®** fue diseñada para un período de doce meses. Este informe resume los primeros seis meses de tratamiento con un plan de recolección de datos significativo. El proyecto alcanzó los objetivos de mejorar la calidad del agua, reducir el alga, reducir el mal olor y reducir el nivel de los sólidos de fondo como meta primordial.

Durante los primeros seis meses de tratamiento, el programa de bioaumentación tuvo un impacto negativo por precipitación por arriba del promedio. Los eventos de fuertes torrenciales fueron contrarrestados al realizarse cambios al programa de tratamiento en cuanto a la dosificación y tiempos de aplicación para asegurar la mayor efectividad del tratamiento.

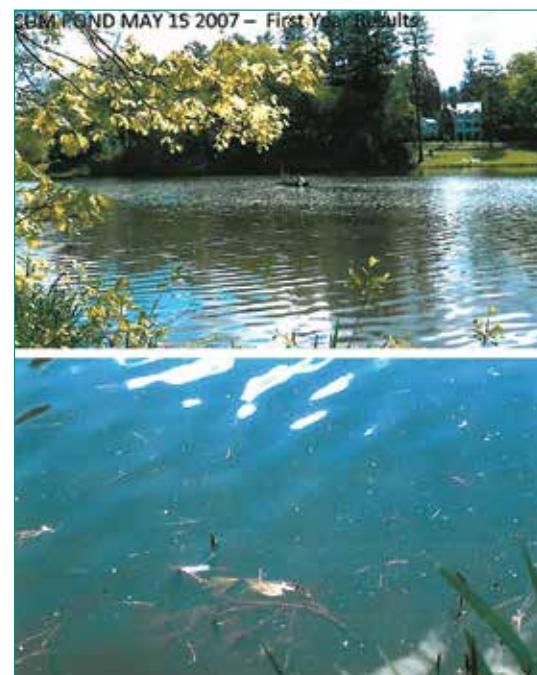
Durante los primeros seis meses del tratamiento, el programa de aumentación sufrió un impacto negativo por la precipitación por arriba del promedio. Los eventos de fuertes lluvias se contrarrestaron con ajustes al programa de tratamiento cambiando las dosis y tiempo de aplicación para asegurar el tratamiento más efectivo.

Según los datos recabados, el programa de bioaumentación progresó a un ritmo satisfactorio. El resultado más impresionante fue la reducción de los sólidos de fondo, mejorando así la calidad del agua. Además, el programa redujo los malos olores mediante la eliminación del ácido sulfídrico y otros olores sépticos, y controló el crecimiento de algas de superficie en comparación con el historial de la laguna antes del tratamiento. Los datos fueron tan prometedores que la universidad tomó el compromiso de continuar con el programa por dos años. A continuación, los resultados.

**Figura 3:** Recapitulación: La condición del agua antes de iniciar el programa; 14 de mayo del 2006 antes del tratamiento.



**Figura 4:** Año 1: 15 de mayo del 2007, después de un año de tratamiento.



## RESULTADOS DEL SEGUNDO AÑO



**Figura 5:** Año 2: 15 de mayo del 2008: Al cabo de dos años de tratamiento, el agua de la laguna está transparente.



**Figura 6:** Esta laguna regresó a su estado prístico después de dos años de tratamiento con la tecnología **MICROBE-LIFT®**. De hecho, el agua está tan transparente que incluso es posible ver bancos de carpas doradas.

Los productos **MICROBE-LIFT®** actúan restaurando el equilibrio natural de los microorganismos en lagunas, ya que metabolizan el exceso de nutrientes que promueven el crecimiento de algas, eliminan el azufre y otros malos olores, y degradan la materia orgánica que causa turbidez, toxicidad y agotamiento de oxígeno. Una laguna tratada con **MICROBE-LIFT®** es un ecosistema limpio y estable que sustenta el crecimiento de peces y otra vida salvaje.



Para mayor información sobre la Tecnología **MICROBE-LIFT®**  
contactar **Ecological Laboratories, Inc.**  
[www.EcologicalLabs.com](http://www.EcologicalLabs.com)

CS17110