

info@novomundoexport.com

+51 960 549 201

+51 922 109 798

REDUCCIÓN DE LODOS EN UN ANÁLISIS DE ONCE LAGUNAS DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA BIOAUMENTACIÓN DE MICROORGANISMOS DEL GÉNERO BACILLUS



RESUMEN

La acumulación de lodos en las lagunas representa una gran parte de los presupuestos del tratamiento de aguas residuales. Una estrategia de eliminación de lodos que es eficaz y de menor costo que los métodos de eliminación mecánica como el dragado, es la bioaumentación. El tratamiento de una laguna con microbios beneficiosos, como Bacillus, mejora la comunidad microbiana ya presente en el medio. Esto conduce a una digestión de lodos microbianos más eficiente y da como resultado una reducción de los mismos. Aquí examinamos el efecto del tratamiento con los concentrados NOVOMAX BCP-60 a base de Bacillus en once sistemas de lagunas que representan diferentes industrias, ubicaciones y tamaños. El tratamiento NOVOMAX BCP-60 dio como resultado la eliminación de lodos en todos los sistemas analizados con una reducción promedio del 56 % (SD = 33 %) en una amplia gama de sistemas. Estas reducciones también fueron evidentes en lagunas con altos volúmenes de carga y cobertura superficial de lodos. La bioaumentación con concentrados NOVOMAX BCP-60 es una estrategia eficaz para gestionar los lodos de las lagunas.

INTRODUCCIÓN:

Más del 50 % de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales industriales en los EE. UU. emplean lagunas en su proceso de tratamiento (4). El lodo es una parte integral de un sistema de lagunas, pero las cantidades excesivas pueden afectar negativamente el rendimiento. Estos cambios pueden resultar en una disminución del tiempo de retención hidráulica y reducir la eficacia del tratamiento. La gestión de lodos en las aguas residuales generalmente representa entre el 40 y el 60 % de los costos totales de la planta, pero los cargos relacionados con la eliminación de lodos, como los costos de transporte y disposición, han tenido una tendencia al alza, y las regulaciones para la aplicación al suelo son cada vez más estrictas (7). Una solución para ayudar a mitigar estos crecientes costos de eliminación es la aplicación de un tratamiento biológico. Los componentes de lodos orgánicos se pueden digerir de manera efectiva con un tratamiento biológico, lo que reduce la frecuencia y el costo de los eventos de eliminación mecánica y hace que la bioaumentación sea una opción atractiva para el manejo de lodos. La bioaumentación tiene como objetivo aumentar la digestión de lodos al mejorar la biología que existe naturalmente en el medio ambiente mediante la adición de especies bacterianas y/o nutrientes que favorecen el crecimiento microbiano.

La composición de los lodos varía mucho según las fuentes de entrada, pero los estudios han encontrado que los lodos municipales son en su mayoría orgánicos con carbohidratos, proteínas y lípidos que representan más del 50 % de esta porción orgánica (1, 8). La adición de una especie bacteriana como Bacillus ayuda a mejorar el proceso de digestión natural del lodo al descomponer la materia orgánica compleja en el lodo para crear metabolitos intermedios que ellos y otras bacterias en el entorno de las aguas residuales pueden consumir. Como resultado de la actividad bacteriana, en el sistema, los componentes del lodo se incorporan a nueva biomasa microbiana o finalmente se convierten en agua y dióxido de carbono (2, 3). La cantidad de dióxido de carbono producido debido a estos procesos es mínima, especialmente en comparación con el nivel producido por métodos alternativos de eliminación mecánica. Las pruebas de laboratorio demuestran un aumento en la actividad bacteriana en aguas residuales tratadas con productos a base de Bacillus NOVOMAX en comparación con una muestra no tratada de las mismas aguas residuales (Figura 1).

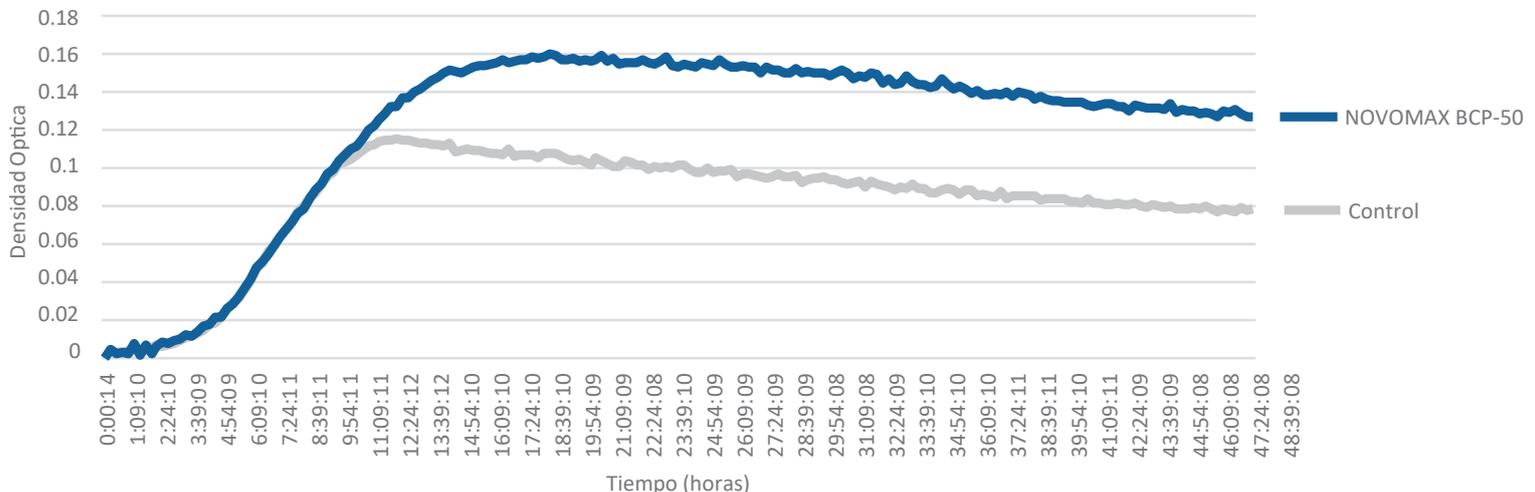


Figura 1. El crecimiento bacteriano indicado por un aumento en la densidad óptica se midió continuamente durante 48 horas en una muestra de agua residual de control sin tratar y la misma muestra tratada con NOVOMAX BCP-60. La muestra tratada con NOVOMAX BCP-60 alcanza un mayor nivel de actividad bacteriana en general en comparación con la muestra no tratada.

La bacteria del genero Bacillus es una candidata ideal para su incorporación en productos de bioaumentación para aguas residuales. Estos microorganismos pueden mejorar la comunidad bacteriana como se describió anteriormente y son altamente adaptables a una variedad de entornos debido a su capacidad para metabolizar una amplia variedad de sustratos. Las sustancias comunes en el entorno de los lodos, como el amoníaco, los carbohidratos o los ácidos grasos, son absorbidas por las células de Bacillus a través de transportes de membrana para su uso en procesos celulares, eliminándolos así del sistema **(6)**. También se pueden digerir sustancias más complejas gracias a la multitud de enzimas que pueden producir diferentes cepas de Bacillus, como proteasa, celulasa, lipasa, amilasa, queratinasa, lignina peroxidasa y muchas otras.

(6, 9, 11). Los Bacillus pueden ajustar la producción de enzimas y los procesos metabólicos para aprovechar cualquier fuente de alimento que esté más fácilmente disponible. Estos organismos pueden incluso descomponer algunas de las fuentes de carbono complejas más difíciles de degradar, como los hidrocarburos o los tintes residuales de los procesos de producción que, de lo contrario, podrían permanecer sin digerir a través del tratamiento de aguas residuales **(10)**.

El análisis de las secuencias del genoma completo de las cepas de Bacillus NOVOMAX demuestra que están equipadas para metabolizar una amplia variedad de sustratos que podrían encontrarse en un entorno de lodo **(Figura 2)**. Cada cepa de Bacillus es única, por lo que un producto diseñado para incorporar varias cepas complementarias es un enfoque muy eficaz para el tratamiento de lodos de aguas residuales **(2)**.

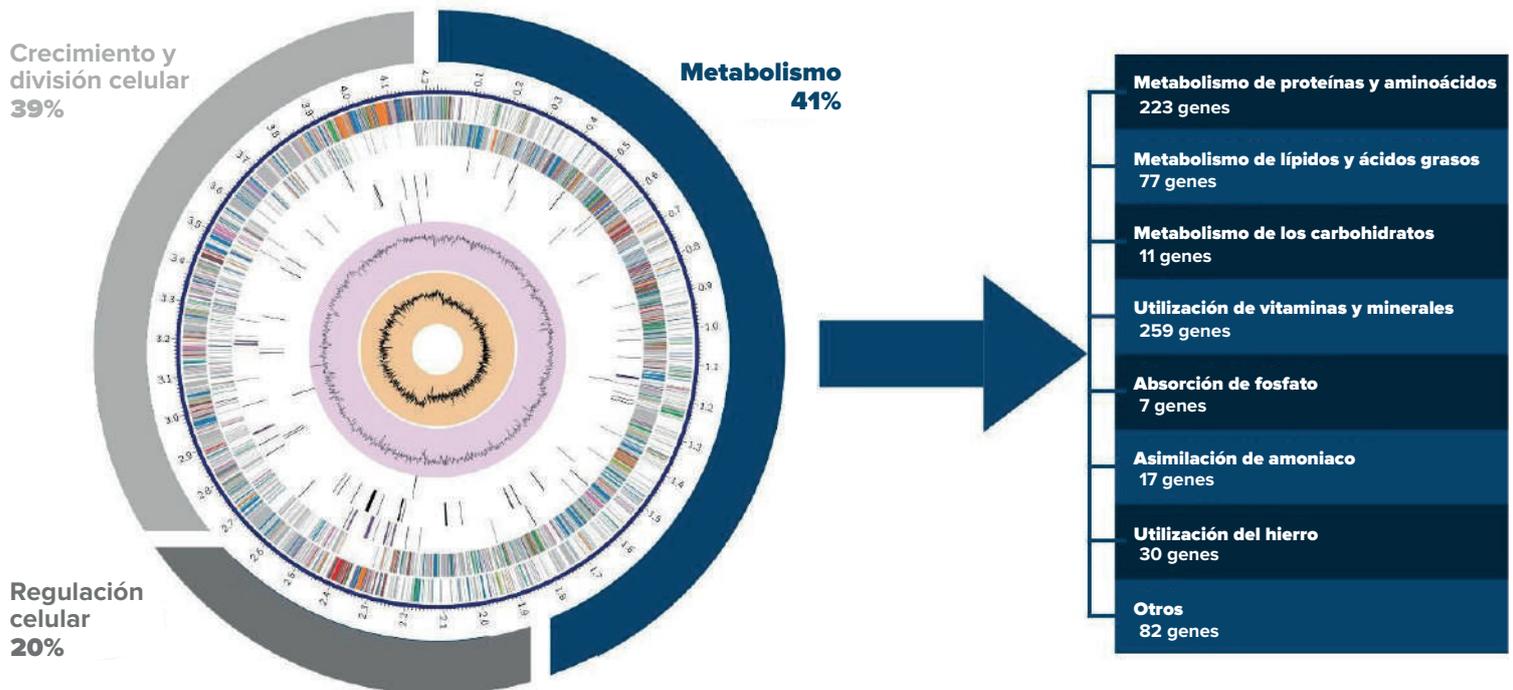


Figura 2. El genoma de una de las cepas de Bacillus incluidas en los productos NOVOMAX BCP-60 se presenta en una representación gráfica. Cada color en el anillo representa un subsistema diferente o conjunto de proteínas que trabajan al unísono para ejecutar un determinado proceso biológico que cae en categorías de metabolismo, crecimiento /división celular y regulación celular. Luego nos acercamos a la cantidad de genes que esta cepa ha dedicado a los procesos metabólicos. Estos datos demuestran la amplia variedad de sustratos que este organismo tiene la capacidad genética de metabolizar.

La acumulación de lodos es un factor importante a considerar en la salud y eficacia de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. La bioaumentación con productos a base de Bacillus es una solución viable para reducir la necesidad para métodos más costosos como la eliminación mecánica o dragado de lodos. En este estudio, analizamos datos en once sistemas de lagunas diversos tratados con NOVOMAX BCP-60 y descubrimos que los lodos se redujeron en un promedio del 56 % (DE = 33 %) durante el primer año de tratamiento.

METODOS

El objetivo de este estudio fue analizar los datos de lodos de una variedad de diferentes lagunas tratadas con productos NOVOMAX BCP-60. Los once sistemas de lagunas estudiados estaban ubicados en 8 estados diferentes de EE. UU. y dos países adicionales y abarcaban una amplia gama de industrias y tamaños de lagunas (**Tabla 1**). Antes de comenzar el tratamiento, se midió cada laguna para crear un plan de tratamiento adecuado. Estadísticas básicas de la laguna, como área de superficie, volumen y caudal diario, junto con muestras de agua y lodo se recogieron. Las mediciones de lodos se recolectaron utilizando un juez de lodos en múltiples ubicaciones a lo largo de la laguna proporcional al tamaño de la laguna. Estas medidas luego se usaron para calcular la profundidad promedio de lodo de la laguna. Para las lagunas 7 y 8, la carga de lodos se estimó utilizando los datos de carga diarios de las instalaciones. En los casos en que el lodo se acumuló tanto que impidió el muestreo adecuado, se calculó el porcentaje de la superficie con lodo hasta o por encima de la superficie del agua de la laguna antes y después del tratamiento. La duración del tratamiento con NOVOMAX BCP-60 varió según la ubicación de 2 meses a 1 año. El producto se aplicó diariamente, semanalmente o mensualmente según varios factores, incluido el tamaño del sistema y las tasas de flujo diarias (tiempo de retención hidráulica), la gravedad de la acumulación de lodo y la facilidad de aplicación en el sitio. Entre las mediciones previas y posteriores al tratamiento se determinó mediante la realización de una prueba T de una muestra que comparaba la diferencia porcentual promedio entre el tratamiento anterior y posterior con la media hipotética de 0 con un intervalo de confianza del 95 % calculado con Minitab 17.

Laguna Sistema	Industria	Ubicación	Volumen de la laguna en galones	Flujo diario en la laguna (galones/día)
Laguna 01	Alimenticia	EE.UU. - Central	6,000,000	Desconocido
Laguna 02	Rastro Cárnico	EE.UU. - Medio Oeste	5,000,000	300,000
Laguna 03	Municipal	EE.UU. - Sur	12,000,000	300,000
Laguna 04	Láctea	EE.UU. - Medio Oeste	40,000,000	150,000
Laguna 05	Procesadora Cárnica	EE.UU. - Medio Oeste	22,000,000	50,000
Laguna 06	Alimenticia	Internacional	55,000	4,500
Laguna 07	Municipal	Internacional	35,000,000	2,000,000
Laguna 08	Industrial del Papel	EE.UU. - Medio Oeste	238,000,000	35,000,000
Laguna 09	Municipal	EE.UU. - Pacifico	24,000,000	300,000
Laguna 10	Procesadora de Carnes	EE.UU. - Noroeste	25,000,000	800,000
Laguna 11	Procesadora de Carnes	EE.UU. - Medio Oeste	10,000,000	1,200,000

Tabla 1. Once lagunas analizadas en este estudio representan una variedad de diferentes ubicaciones, tamaños e industrias. La ubicación describe la región dentro de los Estados Unidos (EE. UU.) o internacional si se encuentra fuera de los EE. UU. Los volúmenes de la laguna se redondean a los 1.000.000 de galones más cercanos (con la excepción de la laguna 6).

RESULTADOS

En las once lagunas hubo una reducción significativa (valor de $p < 0,05$) en los lodos resultantes del tratamiento con productos NOVOMAX BCP-60, con una reducción promedio de lodos del 56 % (DE = 33 %). Una amplia gama de tamaños de lagunas y condiciones de pretratamiento de lodos contribuyó a una alta variabilidad en los resultados entre los sistemas; sin embargo, hubo una reducción medible y valiosa en los lodos de los sistemas. En la Figura 3 se informa la reducción de lodo en cada laguna en la que se pudo calcular el volumen de lodo con base en las mediciones del juez de lodo ($n=8$). Las lagunas 1-6 (**Figura 3A**) eran de menor tamaño en comparación con las lagunas 7 y 8 (**Figura 3B**). Se observaron reducciones de lodos en las ocho lagunas después del tratamiento con NOVOMAX BCP-60. Además de reducir el lodo existente en estas lagunas, NOVOMAX BCP-60 también digirió el lodo entrante, reduciendo la tasa de acumulación de lodo. Al analizar solo el volumen de lodo en los dos sistemas más grandes antes y después del tratamiento se encontró un 2% y un 8% de reducción en los volúmenes de lodos para las Lagunas 7 y 8 respectivamente (**Figura 3B**). Sin embargo, estos sistemas procesaron más de 2,000,000 de galones de flujo por día, lo que resultó en grandes cantidades de lodo nuevo que ingresa a la laguna durante el período de tratamiento en la parte superior de altos niveles de lodo ya presentes. La reducción total de lodos, considerando tanto el volumen de lodos que había en la laguna como la cantidad de lodos cargados durante el curso del tratamiento, fue en realidad del 14 % y el 20 % para las lagunas 7 y 8 (**Figura 4**). Había tres sistemas en los que la cobertura de lodo en la superficie de la laguna restringía el acceso de los botes y las mediciones del juez de lodo no eran posibles. El rendimiento de estos sistemas se evaluó en función de la diferencia en el área de superficie cubierta por el tratamiento previo y posterior del lodo. El tratamiento con NOVOMAX BCP-60 logró reducir la cobertura de lodos en un promedio del 92 % (**Tabla 2**). En todos los sistemas lagunares analizados, independientemente de la industria, la ubicación o el tamaño, el tratamiento con NOVOMAX BCP-60 resultó en una reducción de lodo.

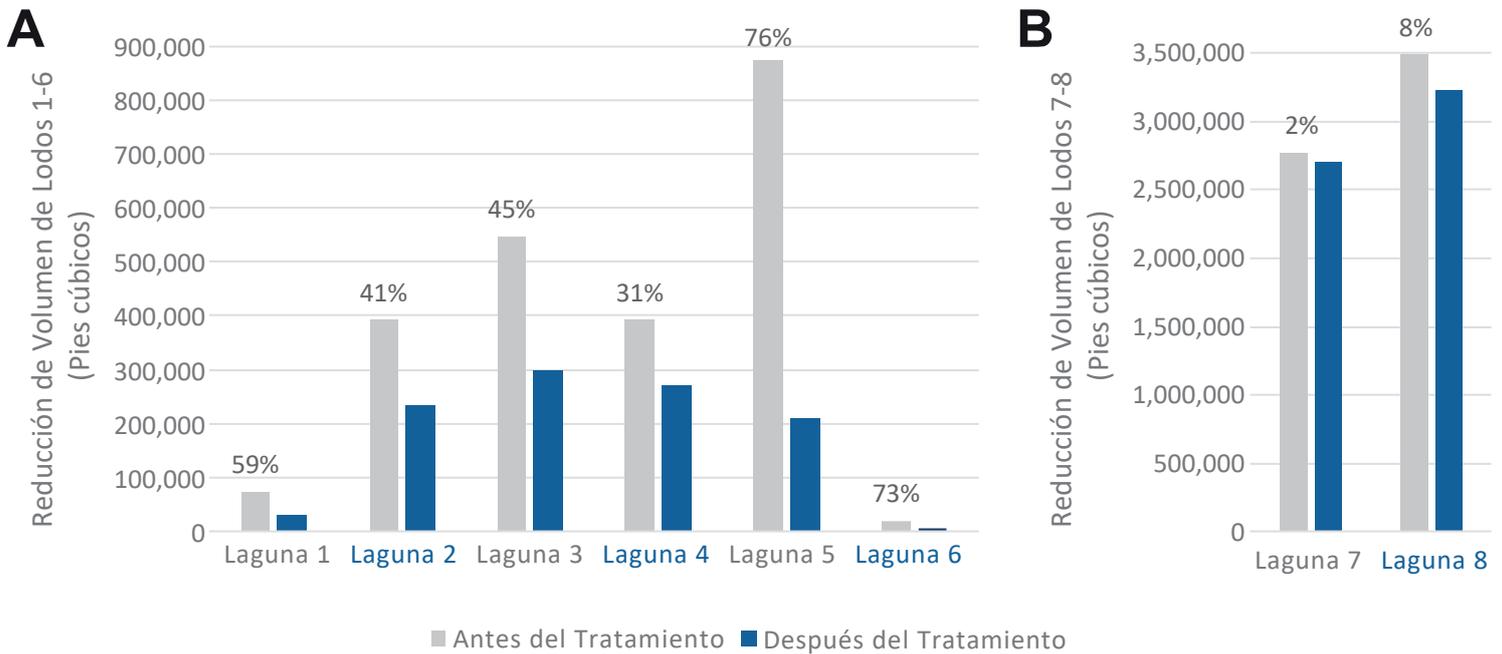


Figura 3. Reducción del volumen de lodos en sistemas lagunares tratados con NOVOMAX BCP-60. Los sistemas lagunares 1-6 tenían menos de 1 000 000 pies cúbicos de acumulación de lodo (**A**), mientras que los sistemas lagunares 7 y 8 tenían más de 2 000 000 pies cúbicos de lodo (**B**). La duración del tratamiento osciló entre 2 meses y 1 año.

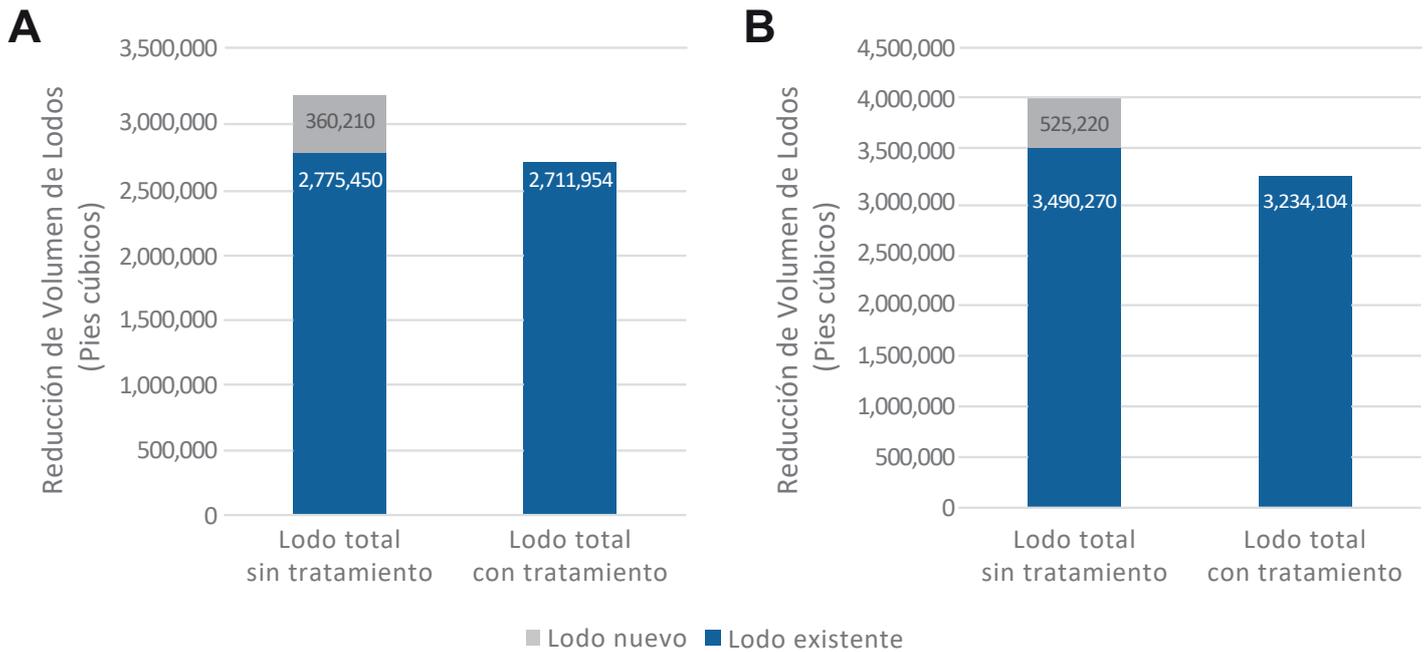


Figura 4. Reducción total de lodos para lagunas tratadas con NOVOMAX BCP-60, incluyendo lodos existentes y volúmenes de carga de lodos. Cuando se tiene en cuenta la cantidad de lodo cargado durante el período de tratamiento, el porcentaje de reducción de lodo para la laguna 7 **(A)** es del 14 % (frente al 2 % de diferencia en el volumen de lodo) y para la laguna 8 **(B)** es del 20 % (frente al 8 % de diferencia en volumen de lodo).

Laguna Sistema	Antes del tratamiento (pies ²)	Después del tratamiento (pies ²)	Porcentaje de reducción	Flujo diario en la laguna (galones/día)
Laguna 09	110,000	<100	>99%	Desconocido
Laguna 10	27,600	4,600	83%	300,000
Laguna 11	105,000	7,000	93%	300,000

Tabla 2. Diferencia en el área de superficie (pies cuadrados) de la laguna cubierta con lodo en forma de lodo flotante o islas de lodo antes y después del tratamiento con NOVOMAX BCP-60.

CONCLUSIONES

El tratamiento NOVOMAX BCP-60 dio como resultado una reducción de lodos en cada uno de los once sistemas de lagunas estudiados. Este éxito se vio en sistemas de varios tamaños, en diferentes industrias y ubicaciones. En total, los productos NOVOMAX BCP-60 pudieron eliminar más de 2 000 000 de pies cúbicos de lodo en las lagunas aquí estudiadas. Esta cantidad de lodo equivalía a un retorno de la inversión de entre 5:1 y 9:1 según lo informado el usuario en comparación con los costos de eliminación mecánica, transporte de lodo y disposición. La bioaumentación con concentrados NOVOMAX basados en Bacillus es una estrategia eficaz de gestión de lodos.