

La importancia de la estructura del suelo para la resiliencia de las plantas

Mejora la salud del suelo con nanoburbujas de oxígeno

MOLEAER
ADVANCING NANOBUBBLE TECHNOLOGY



Índice

Cómo mejorar la estructura del suelo para un mayor rendimiento de los cultivos	3
Retos para la mejora del suelo	4
¿Cómo mejorar los cultivos?	5
Tecnología probada que mejora el suelo	6
Tensión superficial, oxigenación del agua de riego ...	9
Casos de estudio	11



Un suelo sano es necesario para producir **cultivos de calidad**.

Los agricultores de todo el mundo se enfrentan a problemas relacionados con la salud del suelo, como la mala estructura del mismo, la escasa disponibilidad de nutrientes y la reducida actividad microbiana, lo que ha provocado un descenso de la calidad de los cultivos, una menor producción y un mayor uso de fertilizantes.

Las **tecnologías sostenibles y libre de productos químicos**, como las nanoburbujas, están allanando el camino para que los agricultores mejoren la salud del suelo, al tiempo que aportan otros muchos beneficios a sus cultivos.

Cómo mejorar la estructura y la función del suelo para un mayor rendimiento de los cultivos

Con los crecientes efectos del cambio climático y otros factores como la sequía y la escasez de fertilizantes, esta pregunta nunca ha sido más importante en el campo de la agricultura;

¿Cómo mejorar la estructura del suelo?

La función principal en la que nos centraremos es que el suelo es un medio que las plantas necesitan para crecer, donde sus raíces se desarrollan, absorbiendo nutrientes y agua.

El suelo también tiene otras funciones como:

- Hábitat para la vida de los microorganismos
- Fuente de agua y materias primas
- Soporte para la agricultura

La estructura del suelo se refiere a la forma, el tamaño y la disposición especial de las partículas individuales del suelo y los grupos de partículas o agregados.



Retos para la mejora del suelo

La compactación del suelo provoca una baja infiltración del agua

Uno de los problemas más importantes de la estructura del suelo a los que se enfrentan los productores de todo el mundo es su compactación y la baja infiltración del agua. La [compactación](#) es un factor que depende del tipo de suelo, del grado de tránsito de la maquinaria agrícola, del tiempo que se ha utilizado para la agricultura y de otros factores que disminuyen la estructura natural y saludable del suelo que los cultivos necesitan para crecer y que el agua utiliza para desplazarse. La compactación impide que el agua de riego fluya eficazmente por la zona rizosfera, lo que puede constituir un factor de estrés para los cultivos.

Una menor disponibilidad de agua en la zona radical también significa que la movilidad de los nutrientes se ve afectada, lo que tiene una correlación directa con el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

La salinidad del suelo afecta a la salud y el desarrollo de las raíces

La **alta salinidad**, especialmente en las regiones de los deltas de los ríos, donde los suelos arcillosos son habituales. La acumulación de sodio y otras sales del suelo, reducen el movimiento del agua y los nutrientes entre las células de la planta y el suelo, así como el movimiento del agua dentro de la planta.

Esta falta de movilidad del agua y de los nutrientes provoca la pérdida de cultivos o la disminución del rendimiento. Los suelos con alta concentración de sal también pueden afectar negativamente a la sanidad de los cultivos, ya que retienen nutrientes como el nitrógeno y reducen la capacidad de las plantas para absorberlos. Esto [disminuye el crecimiento de las plantas e impide su reproducción](#).

La sequía y los problemas de humectación del suelo

A medida que avanza el cambio climático, **los periodos prolongados de sequía más severa** también son cada vez más habituales.

Cuando los suelos sufren una sequía, su 'permeabilidad' (la capacidad del agua para mantener el contacto con el suelo) disminuye y, sin una **intervención directa**, la infiltración de agua en los suelos afectados por la sequía disminuye.

La mala salud del suelo afecta a la producción

Los productores también luchan constantemente con los **bajos niveles de nutrientes del suelo** debido a la disminución de los niveles de materia orgánica y otros factores. Sin los nutrientes adecuados en el suelo, las comunidades microbianas sufren desequilibrios provocando que los productores gasten más en fertilizantes.



¿Cómo mejorar los cultivos?

Esta es una lista básica de lo que deben ofrecer los suelos para conseguir un desarrollo óptimo y un excelente rendimiento de los cultivos:

- **Fertilidad y materia orgánica:** alta disponibilidad de micro y macronutrientes.
- **Nivel de pH adecuado:** la mayoría de los cultivos hortícolas se desarrollan bien en suelos de pH neutro, pero algunos, como los tomates y los arándanos, prefieren suelos ligeramente ácidos.
- **Comunidades biológicas sanas:** los invertebrados y la microbiota del suelo necesitan prosperar a lo largo del tiempo con la menor perturbación posible en condiciones que favorezcan su crecimiento.
- **Buena estructura del suelo:** los cultivos necesitan una buena estructura del suelo para desarrollar raíces sanas y absorber nutrientes y agua.
- **Buena infiltración de agua:** el agua es necesaria para la transpiración/fotosíntesis de los cultivos; los nutrientes en el agua impulsan el crecimiento; el oxígeno en el agua también favorece una mayor velocidad de absorción de nutrientes y agua por parte de las células de las raíces.
- **Óptima capacidad de retención de agua:** los suelos con gran contenido en materia orgánica proporcionan una excelente capacidad de retención de agua para que los cultivos absorban agua sin encharcarse, lo que podría provocar la muerte de las raíces.



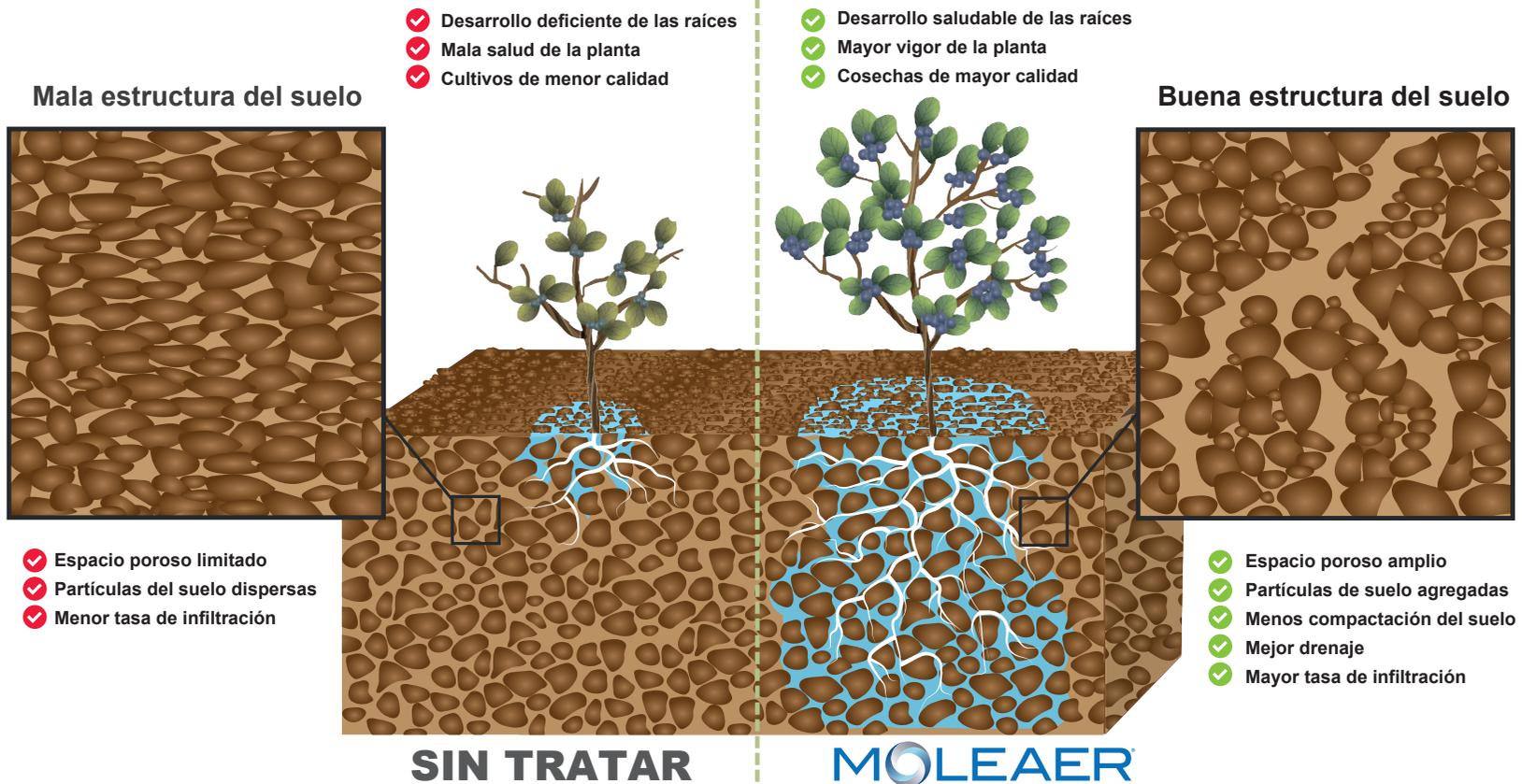
Tecnología probada que mejora el suelo

Floculación del suelo

Las nanoburbujas aumentan la floculación del suelo, lo que mejora su estructura al reunir las partículas individuales de arcilla en agregados más grandes. Gracias a estas propiedades, cuando se aplica agua tratada con nanoburbujas a suelos compactados se reduce la compactación.

Dispersión en el suelo

Floculación del suelo



Tecnología probada que mejora el suelo

Productores de arándanos reducen la compactación del suelo con nanoburbujas

En el centro de investigación **Kapicua**, un productor de arándanos chileno, realizó [ensayos](#) con agua de riego tratada con nanoburbujas desde julio de 2020 hasta abril de 2021. Para este ensayo se instaló un generador de Moleaer en el tanque principal de almacenamiento de agua.

En general, Kapicua observó una **reducción del 20 % en la compactación del suelo** en comparación con la zona no tratada. La infiltración de agua fue proporcionalmente mayor, al igual que las tasas de desarrollo de las raíces y el crecimiento de nuevos brotes. También se observó una mejora en el tamaño y calidad de los frutos, así como en una mayor velocidad de maduración.

Las nanoburbujas mejoran la infiltración en la producción de frutos secos

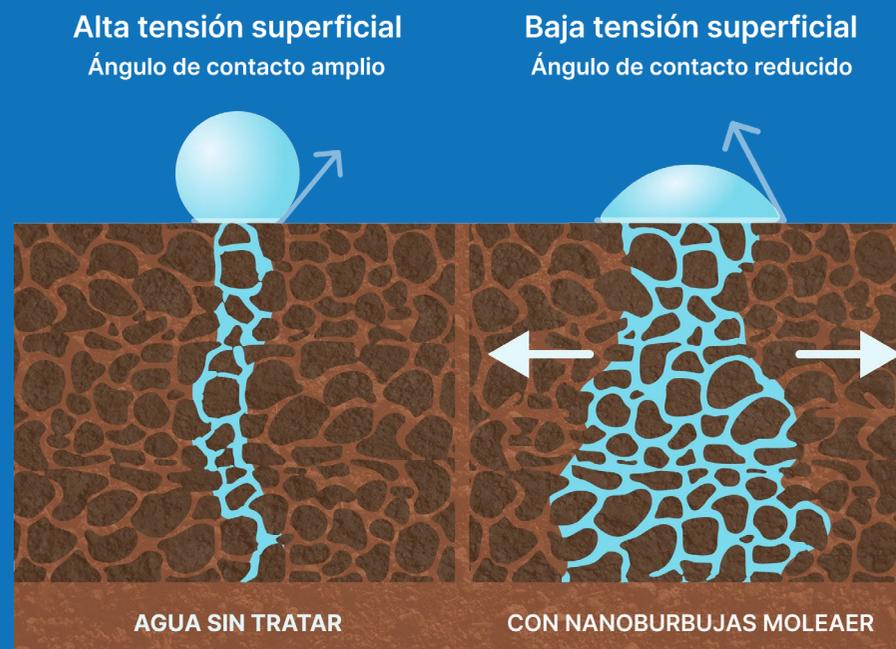
La infiltración del agua también ha **aumentado considerablemente** en los huertos de **Maricopa**, en California, gracias al uso de agua de riego tratada con nanoburbujas. Como se describe en el [artículo de un caso de estudio reciente](#), Maricopa se enfrentó a muchos retos, como la sequía, los suelos arcillosos y la alta salinidad. Después de aplicar el agua tratada con nanoburbujas, el agua pudo infiltrarse hasta una profundidad sin precedentes de 18 centímetros. Por tanto, la eficiencia en el uso del agua de riego aumentó, el rendimiento de los árboles mejoró y el importante problema de la salinidad del suelo se resolvió de forma permanente, ya que las sales se transportan ahora mucho más allá de la zona radical.



Tensión superficial, aireación y más

Las nanoburbujas reducen la tensión superficial del agua

Como se ha indicado, las nanoburbujas aumentan la infiltración del agua en el suelo porque disminuyen la tensión superficial del agua. Es decir, el agua con una tensión superficial reducida entra y se desplaza por el suelo a una velocidad mucho mayor que la que tiene una tensión superficial alta. Como se muestra a continuación, en la superficie de un suelo, el agua con una tensión superficial reducida tiene un «ángulo de contacto» menor, una característica que se traduce en una mejor penetración y distribución del agua en los suelos afectados por la sequía y los hidrofóbicos.



Las nanoburbujas mejoran la aireación del suelo

También se ha descubierto que el uso de agua tratada con nanoburbujas es una forma potencialmente eficaz de **mejorar la aireación del suelo**. Los científicos que realizaron el estudio concluyeron que la aireación del suelo mejoraba con la aplicación de agua de riego tratada con nanoburbujas, especialmente en suelos arcillosos que habían quedado degradados por la aplicación prolongada de aguas residuales tratadas.

Al mejorar la aireación, el agua de riego tratada con nanoburbujas también **aumenta la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes del suelo**. Un mayor nivel de oxígeno en el suelo aumenta la actividad de los microbios beneficiosos, así como las tasas de mineralización y la conversión de nutrientes del suelo. Por ejemplo, los autores de un nuevo estudio realizado en 2022 descubrieron que las funciones bacterianas de oxidación del metanol, la fijación del nitrógeno, la quimioheterotrofia aeróbica (consumo de otros organismos) y las celulólisis (p. ej., la conversión catalítica del almidón en glucosa o la formación de ácidos o bases a partir de iones disueltos) eran más abundantes en los suelos que reciben agua tratada con nanoburbujas. Esto se tradujo en un mayor rendimiento de los cultivos, una mayor eficiencia en el uso del agua y una mayor fertilidad del suelo.

Además, como las nanoburbujas aumentan considerablemente los niveles de oxígeno disuelto (OD) en el agua de riego (hasta unas 20 p.p.m.) y su potencial de oxidación-reducción (ORP, una medida de la capacidad de oxidación del agua para descomponer los contaminantes), **promueven el crecimiento de microbios beneficiosos como las micorrizas y suprimen el crecimiento de patógenos anaerobios como *Pythium* y *Pythophthora***.

Tensión superficial, aireación y más

Las nanoburbujas ayudan a controlar las algas y los patógenos

Las nanoburbujas también controlan las algas y los patógenos que suelen existir en los sistemas de riego directamente de dos maneras:

1

Producen radicales hidroxilos (OH) que alteran la flotabilidad de las células de las algas en las reservas, estanques y depósitos de almacenamiento de riego, provocando que se hundan y mueran.

2

Al estallar, las nanoburbujas provocan directamente la lisis celular de los organismos cercanos mediante la [oxidación](#). Las nanoburbujas también degradan (oxidan) las toxinas de las algas.

Las nanoburbujas favorecen la función de las raíces

Además, la [superoxigenación del agua tratada con nanoburbujas garantiza un funcionamiento óptimo de las raíces](#). Es decir, si las células de las raíces reciben niveles muy altos de oxígeno en el agua que absorben, son capaces de producir enormes cantidades de energía celular (ATP) a través de su proceso de respiración. Esto hace que se produzcan altas tasas de absorción de agua y nutrientes, lo que genera el correspondiente aumento de la tasa de crecimiento general y rendimiento del cultivo.

Un [estudio reciente](#) sobre cultivos de arroz descubrió que el suministro de agua tratada con nanoburbujas *“aumentó los genes de absorción de nutrientes OsBT, PiT-1 y SKOR de las plantas, lo que resultó en una mayor absorción y utilización de nutrientes por las raíces.”* También se



comprobó que el agua tratada con nanoburbujas estimula la síntesis de la hormona del crecimiento, giberelina. Este equipo de científicos concluyó que el uso de nanoburbujas *“mejora significativamente la altura de las plantas y la longitud de las raíces.”*

En otro [estudio reciente](#) (de producción de tomates y pepinos en el suelo en invernaderos), los científicos descubrieron que el agua tratada con nanoburbujas aumentó significativamente el rendimiento de los cultivos, la eficiencia en el uso del agua, los niveles de vitamina C y el contenido de azúcares solubles, debido principalmente al mayor (y constante) contenido de oxígeno del suelo que proporciona.

Las nanoburbujas también **mejoran la movilidad iónica, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes**. La carga eléctrica **negativa** de las nanoburbujas aumenta la dispersión de los iones nutrientes en el agua, lo que permite una distribución más homogénea y una mayor captación por parte de las raíces.

Casos de estudio: Promueve la oxigenación de la zona radicular y el rendimiento de la planta



[Descargar caso de estudio](#)

Arándanos

- 20% de reducción de la compactación del suelo
- 17% de mejora en el calibre de los frutos
- 13% de aumento en el crecimiento de nuevos brotes



[Descargar caso de estudio](#)

Cerezas

“Creemos firmemente que las nanoburbujas, en combinación con las enmiendas del suelo y los microbios, como las micorrizas, han mejorado la estructura del suelo, lo que se aprecia en un mejor y nuevo desarrollo de las raíces, una mejor infiltración del agua y su retención.” - Juan Pinco, director de producción



Klondike Gardens



[Descargar caso de estudio](#)

Margaritas Gerberas

- Aumento del DO de 7 a 25 ppm
- Reducción de la pérdida de cultivos
- Disminución de la aparición de enfermedades



[Descargar caso de estudio](#)

Embalse de riego

- Reducción de la frecuencia de cambio de los biofiltros
- Reducción del 50% de la limpieza con peróxido de hidrógeno



[Descargar caso de estudio](#)

Aguacates

- Aumento del 40% en la categoría de tamaño de la fruta por encima de '50
- Aumento de los niveles de oxígeno de 8 a 15 ppm



[Descargar caso de estudio](#)

Embalse de riego | Almendras

- 61,3% de aumento de la producción total
- 27% de producción acumulada de frutos de más de 25/27 (13 mm) de calibre

Hable con un experto sobre la estructura del suelo y la resistencia de las plantas

La tecnología de las nanoburbujas representa un método sencillo, natural, rentable y probado para mejorar la estructura del suelo mediante la reducción de la compactación, aumentando en gran medida la infiltración del agua de riego y ofreciendo una solución rápida y permanente a la salinidad del suelo.

Debido a la superoxigenación y a las propiedades químicas y físicas únicas de las nanoburbujas, el agua tratada también mejora la sanidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y la eficacia de la absorción de nutrientes por las células de la raíz.



info@moleaer.com



www.moleaer.com/es

MOLEAER
ADVANCING NANOBUBBLE TECHNOLOGY

