

# **Informe Técnico** **DIATOMEAS™ en Programas de Suelos Degradados**

Finalidad del Informe: Se presenta informe, para apoyar la gestión de introducción del producto **DIATOMEAS™** generando una inducción y presentando una solución en los temas relacionados con los programas de Suelos Degradados en Chile, su forma de operar y sus consideraciones con fundamentos, agronómicos fidedignos, según respaldos PP de investigaciones en USA, Japón, Corea, México, Colombia y Chile.

Solicitado Por:

**POWER OF NATURE SPA**

## **INTRODUCCIÓN**

La deforestación, la producción agrícola y ganadera, las operaciones mineras, los incendios forestales, los eventos climáticos extremos y las actividades humanas disminuyen la fertilidad de la tierra. Todos estos factores inciden en la erosión de los suelos, problema que en nuestro país se ve agravado producto del clima, y la falta de políticas públicas dirigidas a la recuperación y cuidado de los territorios.

En la actualidad se pierden 36 hectáreas de suelo por minuto en el mundo. En Chile la mitad del país está erosionado, el desierto avanza hacia el sur a un ritmo aproximado de 3 kilómetros por año, y lo que está pasando es que el 50 por ciento del territorio chileno no produce nada y podría estar produciendo

Actualmente existen técnicas y expertos en nuestro país que podrían trabajar en revertir el proceso de erosión de los suelos. Asimismo, países como Israel, Japón y Estados Unidos han sido activos en el cuidado de sus territorios, levantando ejemplos ciertos de que es posible tener resultados exitosos en esta materia.

La degradación del suelo se puede entender como la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad. Ella tiene expresión en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad, otros) y biológicos del suelo (deficiencia de materia orgánica).

## **SITUACION EN CHILE**

En Chile existe una superficie de 36,5 millones de hectáreas con algún grado de erosión, Desde el punto de vista de la degradación química, entre las regiones del Maule y de Los Lagos se encuentra la mayor superficie de suelos con exceso de acidez y con déficit de fósforo, con 4,3 millones y 6,3 millones de hectáreas, respectivamente. Es importante destacar que la superficie con exceso de acidez

señalada está incluida prácticamente en su totalidad en la superficie con déficit de fósforo.

Se estima que 1,4 millones de hectáreas presentan degradación biológica, representada por la deficiencia de materia orgánica, y se ubican en los sectores de cordillera, precordillera y valles de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, donde el porcentaje promedio de materia orgánica no supera 1,5%

No obstante, se debe considerar que el desarrollo de la agricultura en Chile ha significado una gran pérdida de materia orgánica del suelo (pérdida de carbono), especialmente por la utilización de sistemas convencionales de preparación de suelos en cultivos anuales, basados en la rotura e inversión del suelo, prácticas que se aplican mayoritariamente entre las regiones de Coquimbo y de Los Lagos. Esto implica reconocer que este problema se presenta prácticamente en todo el país y que es necesaria la aplicación de prácticas correctivas a una superficie que se estima en 1,2 millones de hectáreas.

Las causas del problema surgen tanto de las características naturales del suelo como de la utilización que de él hace el ser humano. Entre las principales causas posibles de identificar se encuentran:

- Características propias del suelo, tales como material de origen, pendiente, profundidad, textura y estructura.
- Frecuencia, intensidad y cantidad de las precipitaciones.
- Adopción de malas prácticas por parte de los agricultores. tales como cultivos en pendiente, exceso de laboreo,
- escasa fertilización, uso de fertilizantes acidificantes, exceso de plaguicidas, desprotección del suelo, entre otras.

La interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos señalados, incide directamente sobre las características de los suelos, provocando consecuencias en los niveles de acidez, alcalinidad, nutrientes, materia orgánica y otros, que alteran el equilibrio entre sus propiedades y conllevan a su degradación. Esto disminuye su potencial productivo, limitando la rentabilidad de los sistemas agro productivos, haciéndolos no sostenibles y, por consiguiente, deteriorando la calidad de vida de la población rural.

## **INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO Y LA SUSTENTABILIDAD**

### **Indicadores físicos**

El monitoreo de la calidad del suelo mediante indicadores físicos es importante para el mantenimiento del suelo y para evaluar su sostenibilidad. Varias propiedades del suelo son consideradas en relación con su calidad: erosión como efecto del agua, cantidad de materia orgánica, densidad aparente del suelo,

porosidad, resistencia a la penetración del agua y permeabilidad del suelo, en diferentes sistemas de manejo del suelo.

### **Indicadores químicos**

El modelo tradicional adoptado en el contexto del desarrollo de la agricultura como base para la implementación de monocultivos y praderas descansa en la aplicación de fertilizantes para obtener rendimientos económicamente viables. El uso de fertilización de producción y corrección trae cambios químicos en la capa superficial del suelo.

### **Indicadores biológicos**

Un indicador importante en la determinación de la calidad del suelo es su contenido de materia orgánica (MO), que está relacionado con diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas. La materia orgánica es considerada un indicador eficaz para determinar la calidad del suelo para los sistemas productivos. La materia orgánica se influye por la adición de fertilizantes químicos y materiales orgánicos que mejoran los procesos biológicos de la descomposición y la mineralización de la materia orgánica del suelo. La materia orgánica es de importancia fundamental, ya que contribuye a estabilizar los agregados formados por la aproximación de las partículas minerales.

Los problemas antes expuestos y los objetivos asociados a la sostenibilidad del sector agropecuario, han llevado al Ministerio de Agricultura a ejecutar acciones que contribuyen a mitigarlos, contemplando una serie de medidas que van en apoyo al proceso de transformación de la agricultura.

Esto se sustenta en instrumentos legales y técnicos concebidos con el fin de administrar recursos presupuestarios para incentivar e impulsar el desarrollo agropecuario del país, considerando los aspectos antes señalados. En el año 2010 se promulgó la Ley 20.412, que establece un Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios, con el objetivo de recuperar el potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y mantener los niveles de mejoramiento alcanzados.

Este sistema, continuador del Programa de Recuperación de Suelos Degradados, consiste en una bonificación estatal de los costos netos de actividades relacionadas con el manejo de suelos, y está dirigido a los productores agrícolas que tienen algún nivel de degradación en sus suelos, ya sea física (erosión), química y/o biológica. Financia una parte de los costos netos asociados a los insumos, labores y asesorías técnicas, requeridos para la ejecución de planes de manejo que permitan alcanzar los objetivos del programa.

Las actividades bonificadas por el programa son:

a) Incorporación de fertilizantes de base fosforada: tiene por objeto incentivar el uso de una dosis de fertilización de recuperación en suelos

deficitarios en fósforo. Se consideran suelos deficitarios aquellos que presenten valores inferiores a 20 miligramos de fósforo por kilogramo de suelo (20 ppm), según el método P-Olsen.

b) Incorporación de elementos químicos esenciales: tiene por objeto incentivar la incorporación al suelo de azufre, potasio y calcio, para corregir déficits de estos elementos; "Y la incorporación de sustancias para reducir la acidez, para neutralizar la toxicidad del aluminio o para disminuir el nivel de salinidad"

c) Establecimiento de una cubierta vegetal en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada: Tiene por objeto el establecimiento o regeneración de una cubierta vegetal permanente en suelos degradados.

d) Empleo de métodos de intervención del suelo, entre otros la rotación de cultivos, orientados a evitar su pérdida por erosión y favorecer su conservación: Tiene por objeto incentivar la utilización de métodos de intervención de los suelos tales como cero o mínima labranza, manejo de rastrojos, curvas de nivel, zanjas de infiltración, aplicación de materia orgánica y/o compost, nivelación, labores que contribuyan a incorporar una mayor cantidad de agua disponible en el perfil de suelo, exclusión de uso de áreas de protección, enmiendas cálcicas u otros.

d) Eliminación, limpieza o confinamiento de impedimentos físicos o químicos: Tiene por objeto incentivar la eliminación, limpieza o confinamiento de tocones, troncos muertos, matorrales sin valor forrajero o sin valor en la protección del suelo u otros impedimentos físicos o químicos, en suelos aptos para fines agropecuarios.

El SIRSD Sustentable es ejecutado por la Subsecretaría de Agricultura a través de dos servicios del Ministerio de Agricultura: el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (Indap), bajo la coordinación de Odepa.

El Indap focaliza su accionar en forma directa en los pequeños productores agrícolas definidos en la Ley N° 18.910, Orgánica del Indap. Análogamente, el SAG atiende preferentemente a medianos y grandes productores agrícolas, aunque también trabaja con pequeños productores agrícolas, definidos conforme a la Ley N° 20.412, que son los que no cumplen los requisitos que exige la Ley Orgánica del Indap. Estas instituciones desarrollan, además, los componentes a nivel regional, sobre la base de las direcciones estratégicas definidas por el Ministerio de Agricultura a nivel central o regional.

Los incentivos se adjudican mediante concursos públicos, los cuales pueden ser focalizados según criterios geográficos o tipo de suelo, según lo resuelvan los directores regionales del SAG o Indap, considerando la opinión del Comité Técnico Regional (CTR). Al encontrarse vigente un llamado a concurso del programa, un productor agrícola formaliza su postulación mediante la

presentación de los antecedentes solicitados en las bases correspondientes y establecidos en el reglamento de la ley.

Cabe señalar que el programa tiene carácter regional, vale decir, cada director regional de SAG o Indap, según corresponda, lo ejecuta tomando en consideración las condiciones particulares de su región. Ellos están asesorados por el Comité Técnico Regional, conformado por personeros de los ámbitos público y privado, quienes sugieren orientaciones técnicas, con el propósito de alcanzar los objetivos propuestos por el programa.

## **LA DEGRADACION DE LOS SUELOS POR EL USO EXCESIVO DE FERTILIZANTES**

La fertilidad del suelo ha jugado un papel muy importante para la obtención de buenas cosechas, ya en la antigüedad se hablaba del uso de cal, la adición de residuos vegetales y el uso de estiércoles para restablecer la fertilidad de los suelos que menguaban en producción.

El uso de elementos químicos fertilizantes es relativamente reciente y se incrementó de manera considerable a finales de la segunda guerra mundial acentuando su uso entre 1950 a 1964 (Tisdale y Nelson, 1982), ya que la utilización de una mayor cantidad de fertilizantes permitía mantener un elevado nivel de producción, debido a ello, el consumo mundial de fertilizantes se extendió rápidamente. Sin embargo, estudios realizados muestran que algunos países están encontrando dificultades para aumentar sus rendimientos a pesar de las dosis cada vez más elevadas de fertilizantes; y otros, con altos niveles de uso de fertilizantes, enfrentan problemas ambientales derivados de su uso intensivo e indiscriminado (Alexandratos, 1995).

La problemática de los fertilizantes químicos es diversa, ya que, si bien es cierto que contribuyen de manera significativa a incrementar los rendimientos de los cultivos, también representan un problema ambiental al ser utilizados de forma excesiva y sin ningún tipo de control. Por otra parte, se encuentra el factor económico que genera un alto costo de producción en cultivos básicos y esto afecta principalmente a productores de autoconsumo.

Los sistemas de agricultura de conservación, sostienen que los rendimientos no dependen de la alta concentración de nutrientes, sino de la fijación del nitrógeno y del reciclaje de gran cantidad de materia orgánica lo cual hace que el fósforo y otros nutrientes en el suelo sean más solubles, tal sistema puede, producir buenos rendimientos durante largos períodos con poca o ninguna aplicación de nutrientes adicionales (Bunch, 2003).

En este contexto, se ve la necesidad de buscar alternativas que ayuden a disminuir el uso de fertilizantes químicos en la producción y en consecuencia disminuir el daño ambiental que estos causan, recuperar la fertilidad de los suelos y disminuir los costos de producción.

Por lo que este informe da a conocer el efecto que produce DIATOMEAS™ producto desarrollado en alto % con Tierra de diatomea de alta calidad como fertilizante en las propiedades físicas y químicas del suelo.

## **EL EFECTO DE DIATOMEAS™ EN EL SUELO**

La extracción comercial de diatomitas comenzó hace aproximadamente 200 años y han sido utilizadas para diversos productos debido a su alto contenido de silicio y textura fina. Las diatomitas tienen una gran variedad de usos modernos, sin embargo, su importancia para la reconstrucción de los cambios ambientales no está muy estudiada (Flower, 2007).

Las diatomeas son importantes para el ciclo biogeoquímico del Si (Silicio) y la fijación global de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos organismos unicelulares, toman el ácido silícico disuelto en el agua y lo precipitan en forma de Si para formar sus frústulas o paredes celulares (Martin-Jézéquel, et al., 2000).

Las diatomeas son organismos fotosintéticos que participan en la producción primaria de la cadena alimenticia y están tomando importancia en diferentes áreas como biofertilizantes, biorremediación, biocombustibles, biotecnología y en biomedicina como complemento alimenticio para humanos (Borowitzka, 1995; Anderson, 2005, Jong-Yuh, 2005; Masojidek, 2005).

Un aspecto importante de destacar, es que la tierra de diatomeas aporta nutrientes; esto ocurre porque su composición es óptima en micro minerales como; aluminio, antimonio, bario, berilio, calcio, cobalto, cobre, fósforo, hierro, manganeso, magnesio, mercurio, níquel, plata, potasio, sílice, sodio, talio, zinc, entre otros, elementos que tienen incidencia en el metabolismo de los tejidos; por lo general estas sustancias son escasas en terrenos poco fértiles (Golob, 1997; Fields et al., 2001).

El biosílice de la DIATOMEAS™ es un amortiguador efectivo del pH que facilita la conversión enzimática de bicarbonato a CO<sub>2</sub>, etapa importante en la adquisición de carbono inorgánico por las plantas (Milligan y Morel, 2002).

La tierra de diatomeas principal elemento en DIATOMEAS™ aporta a la planta 38 oligoelementos o trazas de minerales que son vitales para la interacción metabólica de sus tejidos, es un fertilizante eficaz y seguro ya que no es tóxico ni fitotóxico.

Las tierras de diatomeas de DIATOMEAS™ son recomendadas por las casas comerciales para:

1. Mejorar las condiciones físicas del suelo.
2. Neutralizar los elementos tóxicos y el exceso de acidez del suelo.
3. Mejorar la retención del agua en los tejidos vegetales y el suelo (Romero-Aranda, et al., 2006).

4. Reducción del daño oxidativo a las membranas ocasionado por exceso de iones (Gunes, et al., 2007).
5. Incidencia positiva en la disponibilidad de nutrientes.
6. Mitigación de los efectos de la toxicidad de los diferentes elementos químicos.
7. Disminución de los efectos inhibitorios del Al sobre el alargamiento de la raíz.
8. Inducción a la formación de aluminosilicatos de baja solubilidad en el apoplasto del ápice de la raíz, reduciendo la concentración de iones  $Al^{3+}$  en el medio (Epstein, 1999; Wang, et al., 2004).
9. Protección de cultivos contra factores ambientales bióticos y abióticos (Epstein, 1999).
10. Acumulación de compuestos fenólicos lignina y fitoalexinas.
11. Aumento en la síntesis de peroxidasa, polifenoloxidasa, glucanasas y quitinasas.
12. Incremento en la producción de quinonas y especies reactivas de  $O_2$  que tienen propiedades antibióticas.
13. Favorecimiento de la mayor lignificación de los tejidos.

El alto contenido de sílice presente en DIATOMEAS™, favorece su uso en las plantas, ya que este elemento beneficia los cultivos, además los micronutrientes facilitan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la absorción de nutrientes por la planta.

Los macronutrientes presentes en el suelo (nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros) son importantes para el desarrollo y la producción de las plantas; no obstante, su acción es limitada cuando la disponibilidad de micronutrientes en el suelo no es adecuada.

El Si (Silicio) está presente en las plantas en cantidades equivalentes a los macronutrientes como calcio, magnesio y fósforo (Epstein, 1999). En las gramíneas el Si (Silicio) se acumula en cantidades mayores que cualquier otro elemento inorgánico. Se ha demostrado que las estructuras de las plantas que crecen en ausencia de Si (Silicio) frecuentemente son más débiles y su crecimiento, desarrollo, viabilidad y reproducción es anormal, son más susceptibles al estrés abiótico, como toxicidad por metales, fácilmente invadidas por organismos patógenos e insectos.

DIATOMEAS™ aplicada al suelo, mejora sus propiedades físicas y químicas, lo que permite disminuir de manera gradual el uso excesivo de fertilizantes químicos y en consecuencia el impacto al suelo causado por éstos. (Flower, 2007).

DIATOMEAS™, en mezcla con fertilizantes químicos u orgánicos, suple los micronutrientes que la planta requiere para su desarrollo. Además, por ser un producto natural, ayuda a conservar la salud del suelo (Baglione, 2011).

En estudios de la universidad autónoma del estado de México, Lucila Martínez 2013 demostró en el departamento de ciencias químicas el potencial de la diatomita o tierra de diatomeas base de DIATOMEAS™, ya que al contener una gran cantidad de oligoelementos contribuyen a mejorar la fertilidad natural del suelo, se propone este mineral como una solución al problema inherente de la producción de alimentos, pero sin los efectos nocivos de los elementos químicos.

Los resultados de laboratorio en cuanto a propiedades físicas mostraron una mejora del suelo una vez aplicados los tratamientos de fertilización orgánica, ya que incrementaron las partículas de arena y disminuyeron las partículas de arcilla lo cual repercute en la textura del suelo y aunque ésta es una propiedad física difícil de modificar, esos ligeros cambios indican que la aplicación de abonos orgánicos auxilia en la agregación de las partículas más gruesas (arena), permitiendo un mejor movimiento de nutrimentos y ayudando a mejorar la biota del suelo.

Aksakal y colaboradores (2012) aplicaron diatomita como enmienda al suelo para determinar los efectos de ésta sobre las propiedades físicas y características estructurales del suelo en diferentes texturas bajo condiciones de laboratorio y encontraron que la aplicación de diatomita incrementa significativamente la estabilidad de los agregados, el contenido de humedad y la capacidad de campo.

Otra propiedad física analizada fue la densidad aparente (DA), la cual presentó un ligero descenso con respecto al análisis realizado antes de aplicar los tratamientos, lo que indica que la aplicación de los tratamientos a base de diatomita y fertilizante orgánico contribuyen a una ligera mejoría del suelo, que se refleja en menor compactación del suelo, mejor movimiento de agua y nutrimentos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Aksakal y colaboradores (2013) quienes encontraron que la aplicación de diatomita reduce la compactibilidad y mencionan que al aplicar diatomita permitirá que el suelo sea labrado más fácilmente.

Sara Edith Rosero Serrano y Alain Nicolás Céspedes Martínez ambos ingenieros agrónomos de la Universidad Nacional de Colombia analizaron el potencial de la Tierra diatomea en el año 2019, Después de 75 días de haber aplicado la diatomea en el suelo degradado, la relación de absorción de sodio pasó de un rango "elevado" a "ligero moderado", en una mejora comparable a la reflejada por el tratamiento convencional con yeso o cal. Este resultado, obtenido en condiciones de invernadero, se da gracias al contenido de silicio de la tierra de diatomeas, elemento que ayuda a remover el sodio del suelo.

Con la tierra de diatomeas de DIATOMEAS™ como enmienda se mejoraron los indicadores de densidad aparente, el pH y la conductividad eléctrica, lo que favorece el nivel de salinidad del suelo.

La introducción de un enmendante como las diatomeas en el suelo promueve el desarrollo de reacciones químicas, físico-químicas y procesos microbiológicos. Estas reacciones conducen a modificaciones en las características físicas del



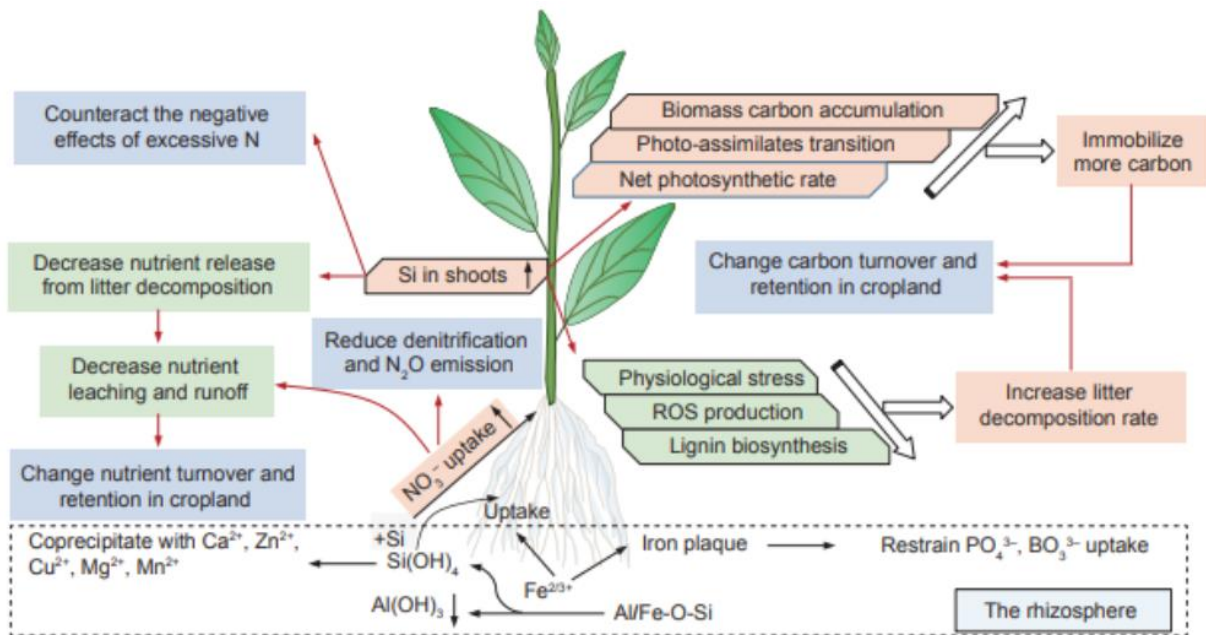
suelo, lo que se manifiesta en aumentos de la capacidad de retención de agua, infiltración, porosidad y estabilidad estructural (Roldán et al., 1996).

La adición de silicio en condiciones de deficiencia de zinc (Zn) y el manganeso (Mn) denota una mejor condición general de las plantas (Bityutskii, Pavlovic, Yakkonen, Maksimović, & Nikolic, 2014), contribuyendo al planteamiento como elemento de estabilización y de desintoxicación para las plantas como en el caso del Fe (Etesami & Jeong, 2018; Fu, Shen, Wu, & Cai, 2012).

Basándose en lo anterior se podría afirmar que el Si (Silicio) es una opción para mejorar el manejo agronómico en suelos degradados o amarillos (alto contenido de óxidos de hierro).

Según Muñoz, Bouaid, Liva, Fernández, Tadeo & Cámara, (2007) en el potencial de uso de la tierra diatomeas base de DIATOMEAS™ también alcanzaría el ámbito de la remediación de metales pasados y pesticidas, ofreciendo nuevas perspectivas en la aplicación de dicho insumo sea al suelo (Martínez, Martínez & Serrato, 2013)

Es de esperarse, que el "Si" (Silicio) al mejorar el flujo de nutrientes en la planta (Mehrabanjoubani et al., 2015), esta acumule nutrientes en su estructura y biomasa, la cual mejoraría el ciclaje de nutriente al momento de incorporarse al suelo por medio de los residuos vegetales y luego de un proceso de descomposición, convirtiéndose así en nuevos nutrientes para la planta (Li et al., 2018). En la figura que se observa un esquema del silicio sobre el recambio del carbono y otros nutrientes.



Se ha demostrado que los fertilizantes edáficos convencionales con silicio como las diatomeas de DIATOMEAS™, son eficaces para promover la resistencia, el rendimiento y la calidad en los cultivos, traducándose en ventajas económicas (Guo-chao et al., 2018) y de relevancia en aquellos suelos degradados o en producción intensiva donde las concentraciones de "Si" se ven agotadas (Meena et al., 2014)

## **CONCLUSIÓN**

Basándose en los ensayos y evaluaciones agronómicas aquí expuestas y por las múltiples funciones eco fisiológicas y bioquímicas de aliviar variados tipos de estreses o como aumentar la absorción de nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, etc., entre otras funciones. Es significativo enunciar la importancia de las tierras diatomeas de DIATOMEAS™ y sus aportes de silicio, del papel que cumple para la agricultura.

Personalmente creo que es un enorme desafío, son muchos los autores que destacan las propiedades de la diatomea base de DIATOMEAS™ como un producto orgánico, acondicionador de mineral de suelos, liberador de metales pesados, desintoxicante, liberador de sustancias nutritivas y aumento de capacidad de intercambio catiónico, retenedor de nutrientes, y gran aporte en sílice, que afectaría positivamente el buen desarrollo de la planta y por ende su producción y calidad final del fruto.

Es por eso que hay que ampliar el número de desarrollos en Chile, para optar por una disminución de las cargas químicas presentes en el suelo y otorgar más validaciones y bases científicas a la utilización de este insumo.

---

Cristián Rabanal Valderrama  
Ingeniero Agrícola  
I+D+I

DIATOMEAS™ es un producto que por decisiones del departamento de Agricultura Orgánica de Chile (SAG) se ha incluido en la lista de insumos autorizados para su uso en Agricultura Orgánica bajo la categoría de Fertilizante (Enmienda), está patrocinado por el Ministerio de Medio Ambiente en un proyecto de rebaja en la emisión de Gases de Invernadero en la agricultura de Chile y es parte de la fundación "1% for The planet" en un proyecto mundial por la auto sustentabilidad