RECOMENDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

Manejo integrado con Raindrops® Hidrogel + SiliGreen® Ácido Ortosilícico en viveros

Mejor disponibilidad hídrica, mayor resiliencia fisiológica y protección del valor invertido en cada planta

1. Objetivo

En un vivero, la calidad final de una planta depende de mantener condiciones relativamente uniformes durante todo el ciclo productivo. Sin embargo, incluso bajo un buen programa de riego, existen diferencias inevitables entre sectores, bandejas, bolsas y posiciones dentro de un mismo lote.

Las plantas de los bordes reciben diferente radiación, temperatura y viento; existen diferencias de distribución del agua entre emisores; los contenedores pequeños poseen poca reserva hídrica; y unas pocas horas de mayor demanda atmosférica pueden hacer que determinadas plantas entren en estrés mientras otras todavía mantienen condiciones adecuadas.

Por ello, la estrategia propuesta no busca simplemente regar más, sino disminuir dos vulnerabilidades diferentes:

Raindrops® Hidrogel: aumentar la reserva y permanencia del agua dentro del volumen de sustrato explorado por las raíces.

SiliGreen® Ácido Ortosilícico: acondicionar fisiológicamente la planta para responder mejor frente a fluctuaciones hídricas y otros estreses propios del sistema de vivero.

RAINDROPS TRABAJA SOBRE EL AMBIENTE DE LA RAIZ. SILIGREEN TRABAJA SOBRE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LA PLANTA.

2. Raindrops®: una reserva hídrica dentro del sustrato

El principio de funcionamiento del hidrogel es relativamente simple. Incorporado homogeneamente al sustrato, absorbe parte del agua aportada por el riego y la mantiene dentro de la zona radicular, desde donde puede volver a estar disponible a medida que disminuye la humedad del medio.

Los polímeros superabsorbentes se utilizan para aumentar la capacidad de retención de agua disponible en el medio radicular y pueden también disminuir la pérdida de nutrientes asociada al movimiento del agua.

En producción de plantas se busca principalmente: mayor reserva de agua entre riegos -> menor velocidad de secado del contenedor -> menor exposición a déficits puntuales -> mayor uniformidad del lote.

Como referencia general para viveros se propone trabajar con un rango de 5-7 g de Raindrops por kg de sustrato, utilizando 6 g/kg como valor medio exclusivamente para los cálculos económicos.

La dosis definitiva debe ajustarse según tamaño del contenedor, capacidad de drenaje del sustrato, especie, duración del ciclo productivo y condiciones de riego. El hidrogel debe mezclarse homogeneamente con el sustrato y no debe considerarse un sustituto del riego.

3. SiliGreen®: la multifuncionalidad del ácido ortosilícico

SiliGreen no debiera evaluarse como un producto destinado solamente a resistir sequía. El silicio disponible para la planta participa en una red de respuestas morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares. Precisamente por eso la literatura moderna lo describe como una herramienta multifacetica frente a estreses abióticos y bióticos.

En vivero esa transversalidad adquiere particular importancia porque la planta puede enfrentar simultáneamente variaciones de humedad, temperatura, radiación, estrés oxidativo, competencia, alta densidad, traslados y posteriormente trasplante.

Los principales beneficios que interesa proteger son:

Nº	Función asociada al Si	Importancia práctica en vivero
1	**Absorcion y transporte de agua**	El Si se ha relacionado con crecimiento radicular, conductancia hidráulica y regulación de acuaporinas, mecanismos que participan directamente en la capacidad de las raíces para captar y movilizar agua.
2	**Regulacion de la pérdida de agua**	Puede intervenir en la regulación estomática y de la transpiración, ayudando al mantenimiento del balance hídrico cuando aumenta la demanda atmosférica.
3	**Desarrollo y funcionamiento radicular**	Una raíz funcional entrega mayor capacidad de exploracion del sustrato y mejores condiciones para enfrentar posteriormente el trasplante.
4	**Mantención de fotosíntesis y crecimiento bajo estrés**	El objetivo no es solamente evitar una planta muerta, sino evitar plantas que disminuyan tempranamente su actividad, crecimiento y calidad comercial.
5	**Protección frente a estrés oxidativo**	Déficit hídrico, temperatura, radiación y otros estreses aumentan especies reactivas de oxígeno. El Si puede reforzar sistemas antioxidantes y reducir daño celular asociado al estrés.
6	**Fortalecimiento estructural y estabilidad de tejidos**	El Si puede depositarse asociado a estructuras celulares y contribuir a la resistencia física de tejidos, complementando sus efectos fisiológicos.

Nº	Función asociada al Si	Importancia práctica en vivero
7	**Activación y modulación de mecanismos de defensa**	El Si también participa en respuestas de defensa frente a estreses bióticos, un aspecto particularmente interesante en ambientes de alta densidad como los viveros.

La evidencia disponible describe precisamente estos mecanismos: absorción de agua, crecimiento y función radicular, conductancia hidráulica, acuaporinas, regulación de pérdidas por transpiración, ajuste osmótico, fotosíntesis y activación de sistemas antioxidantes y de defensa.

EL COSTO ES UNO. LAS VÍAS DE PROTECCIÓN SON MÚLTIPLES.

4. Evidencia particularmente relevante para viveros

En 2025, Silva et al. estudiaron plantas jóvenes de Eucalyptus urophylla x E. grandis bajo estrés hídrico. El suministro de silicio modificó variables de altura, diámetro, biomasa de hojas, tallos y raíces, además del momento de aparición y severidad de los síntomas de déficit hídrico, mostrando que el Si puede ampliar el margen de respuesta de plantas jóvenes sometidas a restricción hídrica.

En 2026, Barros et al. publicaron un trabajo en Eucalyptus globulus producido bajo condiciones de vivero. Dependiendo del genotipo, el tratamiento con silicio se asoció con mayor crecimiento, pigmentos fotosinteticos y tolerancia a déficit hídrico, reducción de indicadores de estrés oxidativo y una respuesta más favorable frente a infección por Neopestalotiopsis lusitanica. En uno de los genotipos, la mortalidad asociada al patógeno se redujo 37,5%. El trabajo destaca además la pertinencia del Si en ambientes de vivero caracterizados por alta densidad de plantas y presión sanitaria.

Estos antecedentes ilustran por qué el interés del ácido ortosilícico va mucho más allá de una sola respuesta frente a falta de agua.

5. Programa propuesto de SiliGreen® en vivero

En vivero, la dosis de SiliGreen se expresa por hectárea efectiva de producción. La aplicación puede realizarse por drench o mediante aspersión dirigida sobre los contenedores cuando ésta asegure que la solución alcance y moje homogéneamente el pan de raíces. El volumen de agua se define por ese objetivo de mojamiento y no por una concentración fija en cc/L.

Programa base de acondicionamiento previo a despacho/trasplante:

- SiliGreen: 0,5 L/ha efectiva de vivero por aplicación.
- Concentración en el tanque: variable según el volumen real de agua utilizado, manteniendo siempre 0,5 L/ha de producto.
- Número de aplicaciones: 3.
- Momentos: aproximadamente 30 días antes del despacho/trasplante, 15 días antes y una última aplicación durante la semana previa al despacho/trasplante.
- Consumo total del programa base: 1,5 L SiliGreen/ha.

Este esquema de tres aplicaciones está planteado como programa de acondicionamiento previo al despacho o trasplante, de modo que los momentos de aplicación queden vinculados a un objetivo productivo concreto y no a una fase de vivero ambigua.

El objetivo del agua de aplicación es mojar de manera homogénea el pan radicular sin provocar un escurrimiento innecesario. En un drench, el volumen requerido dependerá del tamaño del contenedor, del sustrato y del grado de mojamiento necesario.

Calibración del volumen de agua: la dosis de producto permanece fija en 500 cc/ha por aplicación. La concentración en cc/L debe recalcularse según el volumen de agua realmente utilizado. Fórmula: concentración (cc/L) = 500 cc ÷ volumen de agua (L/ha). Si se aumenta el volumen de agua para lograr un mejor drench, no se aumenta la cantidad de SiliGreen por hectárea.

Volumen de agua	Concentración resultante	SiliGreen aplicado
170 L/ha	2,94 cc/L	0,5 L/ha
600 L/ha	0,83 cc/L	0,5 L/ha
1.000 L/ha	0,50 cc/L	0,5 L/ha

Ciclos prolongados: cuando el objetivo sea mantener plantas durante varios meses y no sólo acondicionarlas para despacho, puede trabajarse con una pauta de mantenimiento de 0,5 L/ha efectiva a intervalos cercanos a 30 días, ajustando el número total de aplicaciones a la duración real del ciclo. Cada aplicación adicional utiliza 0,5 L/ha y debe incorporarse por separado al cálculo económico.

6. Complementariedad Raindrops + SiliGreen

La complementariedad entre Raindrops y SiliGreen se entiende desde la función que cumple cada uno dentro del sistema de producción:

Raindrops retrasa o amortigua la aparición de una limitación hídrica en el sustrato.

SiliGreen actúa sobre múltiples mecanismos que participan en la respuesta de la planta cuando aparece esa limitación u otro estrés.

MÁS AGUA DISPONIBLE + MAYOR CAPACIDAD DE LA PLANTA PARA MANEJAR EL ESTRÉS

Uno trabaja predominantemente sobre el medio físico. El otro trabaja predominantemente sobre la fisiología de la planta. Ambos protegen la misma inversión: la planta comercial que el vivero está produciendo.

7. Las pérdidas de un vivero no son solamente plantas muertas

Este punto es fundamental para evaluar correctamente la inversión. El costo real aparece antes, durante y después de una mortalidad visible.

Situación	Pérdida potencial
Plantas de borde	Mayor exposición a viento, radiación y temperatura y, muchas veces, una distribución de agua diferente. Son frecuentes las plantas más pequeñas, dañadas o pérdidas precisamente en estos sectores.
Variaciones entre emisores o sectores	Parte del lote recibe menos agua aunque el promedio de riego sea correcto.
Speedlings y contenedores pequeños	Muy poca reserva de agua y cambios rapidos entre capacidad de campo y déficit.
Olas de calor o días de viento	La demanda puede aumentar más rapido que la capacidad del programa normal de riego para compensarla.
Retrasos o fallas de riego	Un problema operacional de pocas horas puede tener consecuencias importantes en plantas jóvenes.
Estrés subletal	La planta sobrevive, pero pierde crecimiento, uniformidad o calidad.
Plantas retrasadas	Obligan a prolongar permanencia en vivero, ocupar superficie productiva y realizar manejo adicional.
Descarte comercial	Una planta viva pero fuera de estándar también representa una pérdida económica.
Mayor frecuencia de riego	Significa agua, energía, personal y desgaste de equipos.
Drenaje excesivo	Junto al agua pueden desplazarse nutrientes fuera del volumen radicular.
Presión sanitaria sobre plantas debilitadas	Estrés fisiológico y alta densidad pueden disminuir el margen de respuesta frente a problemas sanitarios.
Transporte y despacho	Plantas que salen del vivero con menor reserva fisiológica enfrentan peor períodos sin riego y cambios ambientales.
Falla posterior al trasplante	Además de perder la planta puede aparecer un costo de reposición, traslado y nueva plantación.
Mortalidad final	Se pierde no solo una unidad: se pierde sustrato, fertilización, agua, manejo, tiempo, espacio y todo el costo acumulado hasta ese momento.

UNA PLANTA QUE NO MUERE, PERO PIERDE UNIFORMIDAD O SE ATRASA, TAMBIÉN PUEDE SER UNA PÉRDIDA ECONÓMICA.

8. Costo de SiliGreen por planta

Para el cálculo económico se utiliza un precio de referencia de CL$65.000/L + IVA. El programa base de acondicionamiento previo al despacho, con 0,5 L/ha por aplicación y tres aplicaciones, requiere 1,5 L/ha, es decir:

COSTO PROGRAMA BASE DE 3 APLICACIONES SILIGREEN = CL$97.500/ha + IVA

En ciclos prolongados, cada aplicación de mantenimiento adicional equivale a 0,5 L/ha, es decir CL$32.500/ha + IVA al precio de referencia utilizado.

Como los viveros concentran un número muy alto de plantas por superficie efectiva de producción, el costo unitario cae rápidamente:

Plantas por ha efectiva	Programa completo SiliGreen	Costo neto por planta
100.000	CL$97.500	**CL$0,98**
250.000	CL$97.500	**CL$0,39**
500.000	CL$97.500	**CL$0,20**
1.000.000	CL$97.500	**CL$0,10**
2.000.000	CL$97.500	**CL$0,05**

En un vivero con 500.000 plantas/ha efectiva, las tres aplicaciones del programa base representan aproximadamente CL$0,20 de SiliGreen por planta. No por aplicación: por el programa completo de acondicionamiento.

Ese costo no debe compararse con una sola respuesta fisiológica, sino con el conjunto de funciones que se busca proteger.

9. Costo de Raindrops en el contenedor

Para Raindrops no corresponde incorporar al cálculo del vivero una aplicación futura en el hoyo de plantación. El costo debe calcularse exclusivamente sobre la cantidad incorporada al speedling, maceta o bolsa de producción.

Para este ejemplo económico se utiliza un precio de referencia de CL$6.750/kg + IVA y un valor medio de 6 g de Raindrops/kg de sustrato. Esto representa CL$40,50 de Raindrops por cada kg de sustrato preparado.

Plantas producidas por kg de sustrato	Raindrops/planta	Costo neto aproximado
10	0,60 g	**CL$4,05**
20	0,30 g	**CL$2,03**
40	0,15 g	**CL$1,01**
80	0,075 g	**CL$0,51**

De esta manera el costo queda vinculado al tamaño real del speedling o bolsa y no a una dosis arbitraria igual para todas las plantas.

10. Cuánto cuesta realmente el programa?

Tomemos solo un ejemplo para entender el orden de magnitud, no como una receta universal. En un vivero con 500.000 plantas por hectárea efectiva y donde 1 kg de sustrato permite llenar 20 unidades:

- SiliGreen, programa completo: CL$0,20/planta.
- Raindrops incorporado al sustrato: aproximadamente CL$2,03/planta.

COSTO CONJUNTO DE INSUMOS ≈ CL$2,23 POR PLANTA

Esto no incluye mano de obra ni costos de aplicación, pero muestra la escala real de la inversión.

Si una planta terminada representa CL$500 de valor, un costo de CL$2,23 equivale aproximadamente al 0,45% de su valor. Si representa CL$1.000, equivale aproximadamente al 0,22%.

Por lo tanto, no es necesario imaginar reducciones espectaculares de mortalidad para justificar económicamente la estrategia. Puede bastar una pequeña reducción en descarte, plantas atrasadas, daños de borde, pérdidas por fallas de riego o necesidad de reposición para recuperar la inversión. Aún quedarían fuera del cálculo posibles beneficios por ahorro de agua, energía, mano de obra o menor permanencia de lotes retrasados.

11. El verdadero costo de oportunidad

La pregunta económica correcta no es: "Cuánto cuesta aplicar Raindrops y SiliGreen?"

CUÁNTO DEL VALOR QUE YA INVERTI EN PRODUCIR ESTAS PLANTAS QUEDA EXPUESTO SI NO ENTREGO UNA RESERVA HÍDRICA ADICIONAL Y UNA PROTECCIÓN FISIOLÓGICA TRANSVERSAL?

Cuando una planta se pierde al final del proceso no se pierde una semilla. Se pierde prácticamente todo lo invertido hasta ese día.

Y cuando una planta sobrevive, pero queda atrasada, tampoco significa costo cero: sigue utilizando superficie, agua, fertilizante, personal y tiempo hasta recuperar -si lo logra- el estándar comercial.

Es ahí donde la multifuncionalidad del ácido ortosilícico cambia la evaluación. No estamos pagando CL$0,20 por planta solamente por sequía. Estamos distribuyendo esos CL$0,20 sobre mecanismos relacionados con agua, raíces, fotosíntesis, estrés oxidativo, crecimiento, estructura y defensa.

MIENTRAS MÁS FUNCIONES RELEVANTES PROTEGE UNA MISMA INVERSION, MENOR ES SU COSTO RELATIVO POR FUNCIÓN.

12. Recomendación final

La estrategia propuesta para viveros consiste en incorporar Raindrops Hidrogel durante la preparación del sustrato, utilizando como rango orientativo 5-7 g/kg según tipo de planta y contenedor, y aplicar SiliGreen a una dosis fija de 0,5 L/ha efectiva por aplicación. Para acondicionamiento previo a despacho o trasplante, se propone un programa base de tres aplicaciones aproximadamente 30 y 15 días antes, y durante la semana previa al despacho. En ciclos prolongados, puede utilizarse una pauta de mantenimiento a intervalos cercanos a 30 días, manteniendo la misma dosis por hectárea y ajustando el consumo total al número de aplicaciones.

Raindrops busca disminuir la vulnerabilidad física del sistema radicular frente a fluctuaciones de humedad.

SiliGreen busca disminuir la vulnerabilidad fisiológica de la planta frente a las múltiples consecuencias que esas fluctuaciones y otros estreses pueden producir.

No reemplazan un buen programa de riego, nutricion, sanidad ni manejo del vivero. Lo complementan precisamente donde un sistema perfectamente manejado sigue teniendo variabilidad.

Por eso su valor no está únicamente en salvar plantas que estaban destinadas a morir. Está en proteger uniformidad, crecimiento, calidad, tiempo productivo y el valor acumulado en cada planta.

RAINDROPS PROTEGE LA RESERVA DE AGUA. SILIGREEN PROTEGE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA. JUNTOS PROTEGEN EL VALOR DE LA PLANTA.

Bibliografía técnica seleccionada

Barros, F. L., Nunes, T., Gonçalves, C. I., Bragança, H., Diogo, E., Azevedo, R., Almeida, A., Quintela, A. & Melo, P. (2026). The influence of silicon on growth, drought stress tolerance and defense against Neopestalotiopsis lusitanica, in Eucalyptus globulus. Frontiers in Plant Science, 17:1894505. DOI: 10.3389/fpls.2026.1894505.

Silva, L. F. S. et al. (2025). Silicon and phytohormone-based biostimulant applied to eucalyptus seedlings under water stress conditions. Brazilian Journal of Biology, 85, e298015. DOI: 10.1590/1519-6984.298015.

Pereira, S. et al. (2024). Silicon, An Emergent Strategy to Lighten the Effects of (A)Biotic Stresses on Crops: A Review. Journal of Agronomy and Crop Science, 210(6), e12762. DOI: 10.1111/jac.12762.

Wang, M., Wang, R., Mur, L. A. J., Ruan, J., Shen, Q. & Guo, S. (2021). Functions of silicon in plant drought stress responses. Horticulture Research, 8, 254. DOI: 10.1038/s41438-021-00681-1.

Debona, D., Rodrigues, F. A. & Datnoff, L. E. (2017). Silicon's Role in Abiotic and Biotic Plant Stresses. Annual Review of Phytopathology, 55, 85-107. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080516-035312.

Ostrand, M. S. et al. (2020). Superabsorbent polymer characteristics, properties, and applications. Agrosystems, Geosciences & Environment. DOI: 10.1002/agg2.20074.

Stahl, J. L. et al. (2022). The water-retaining polymer improves the seedlings quality of native forest species in a nursery. Bosque, 43(1), 33-40.

Thomas, D. S. (2008). Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. Forest Ecology and Management, 255, 1305-1314. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.10.035.