BIBLIOTECA DE SÍLICE
DOSSIER ECONÓMICO · CHILE 3.0

ÁCIDO ORTOSILÍCICO EN FRUTILLA CHILE

Protección multivía del margen

Rendimiento comercial · descarte · agua · sanidad · calidad · poscosecha · racionalización

LA RENTABILIDAD DEL AOS NO DEPENDE DE UNA SOLA RESPUESTA.
SU VALOR ESTÁ EN TENER MÚLTIPLES OPORTUNIDADES DE PROTEGER EL MARGEN CON LA MISMA INVERSIÓN.

Base económica principal: ODEPA · Región Metropolitana · frutilla en túnel con mulch

Equipo Técnico I+D · NewGreen Chile · Septiembre 2026

¿Qué es el AOS?

El ácido ortosilícico (AOS, H_4SiO_4) es la forma de silicio que la planta puede incorporar directamente. Otras fuentes de silicio deben alcanzar primero formas solubles y disponibles antes de ser absorbidas. Por eso, para evaluar una tecnología de silicio no basta con mirar cuánto Si total contiene el producto: importa cuánto llega efectivamente a la planta, por qué vía y en qué momento fisiológico. [4]

MUCHO SILICIO APLICADO NO SIGNIFICA MUCHO SILICIO ABSORBIBLE.

En esta colección, NewGreen trabaja la estrategia de AOS mediante SiliGreen®. La referencia económica utilizada en este dossier es un programa de 1,5 L/ha por temporada, con un costo neto de $97.500/ha. Este valor funciona como punto de partida para calcular cuánto debe producirse, preservarse o racionalizarse para recuperar la inversión.

Resumen ejecutivo

La frutilla es un cultivo de alto valor por kilogramo, elevada inversión por hectárea y exposición simultánea a pérdidas de rendimiento, descarte, deterioro poscosecha, pérdida de categoría, estrés hídrico, enfermedades y plagas. Esa combinación hace insuficiente evaluar una herramienta transversal sólo preguntando cuánto aumenta el rendimiento.

La evidencia directa en frutilla muestra que el Si puede intervenir sobre absorción, raíces, relaciones hídricas, fotosíntesis, defensa antioxidante, integridad celular, oídio, arañita, Botrytis, rendimiento comercial, calidad y vida poscosecha, aunque la magnitud de respuesta depende del cultivar, ambiente, fuente, vía y condición de estrés. [4–11]

MULTITRANSVERSALIDAD FISIOLÓGICA → MÚLTIPLES VÍAS DE PROTECCIÓN PRODUCTIVA → MULTITRANSVERSALIDAD ECONÓMICA.

No todas las vías se expresarán en una misma temporada. Tampoco corresponde exigir que una sola pague por sí misma toda la inversión. El dossier separa mecanismos fisiológicos, resultados productivos y resultados económicos para evitar doble contabilización.

Vía económica	Qué significa en frutilla	Cómo entra en la cuenta
Producción adicional	Más kg/ha comercializables	Ingreso adicional neto de costos marginales
Producción preservada	Menor pérdida frente a estrés o presión biológica	Ingreso que no se perdió
Descarte evitado	Fruta ya producida que conserva condición comercial	Ingreso protegido con costos ya incurridos
Calidad protegida	Fruta que mantiene categoría o precio	Diferencial real de precio al productor
Costos racionalizados	Productos o intervenciones que realmente dejan de utilizarse	Reduce costo incremental del AOS
Pasadas evitadas	AOS integrado a operaciones ya programadas	Reduce costo de aplicación

Vía económica	Qué significa en frutilla	Cómo entra en la cuenta
Contingencias	Menor impacto cuando aparece una condición adversa	Kg protegidos + ahorros efectivamente realizados

1. Base productiva y económica: cuánto vale hoy una hectárea de frutilla

Para evitar construir un retorno con supuestos abstractos, este dossier utiliza como base principal la ficha ODEPA para frutilla en túnel con mulch en la Región Metropolitana, tecnología media, variedades Albion y Monterey de verano y riego por goteo o cinta. ODEPA informa un costo total de $36.821.612/ha. [1]

La estructura económica empleada en este trabajo considera 67.000 kg/ha de rendimiento, $800/kg como precio al productor y $53.600.000/ha de ingreso bruto. Bajo esa combinación, el margen de referencia alcanza aproximadamente $16.778.388/ha. La cosecha, selección y carga representan cerca de $170/kg dentro de la estructura de labores.

Variable	Base de trabajo
Rendimiento	67.000 kg/ha
Precio productor	$800/kg
Ingreso bruto	$53.600.000/ha
Costo total	$36.821.612/ha
Margen de referencia	$16.778.388/ha
Cosecha, selección y carga	≈ $170/kg
Programa SiliGreen	1,5 L/ha · $97.500 netos/ha

EN FRUTILLA, 1% DEL RENDIMIENTO EQUIVALE A 670 KG/HA. UNA FRACCIÓN PEQUEÑA DEL CULTIVO PUEDE REPRESENTAR CIENTOS DE MILES DE PESOS.

2. Cuánto vale realmente un kilo protegido

No todos los kilos perdidos tienen el mismo costo económico. Si la pérdida ocurre antes de cosecha, el agricultor deja de recibir el precio, pero también deja de incurrir en el costo marginal de cosechar, seleccionar y cargar esa fruta. En la base utilizada, la contribución marginal aproximada de un kilo preservado antes de cosecha es $630/kg ($800 − $170).

Si la fruta ya fue cosechada y luego se descarta por Botrytis, ablandamiento, pudrición o pérdida de condición, el costo de cosecha ya se pagó. En ese caso, hasta $800/kg de ingreso quedan comprometidos, sin perjuicio de otros costos de embalaje, frío o distribución que puedan haberse agregado.

Lugar de la pérdida	Valor económico orientativo
Antes de cosecha	≈ $630/kg de margen marginal
Después de cosecha	Hasta $800/kg de ingreso comprometido, con cosecha ya pagada
Pérdida de categoría	kg afectados × diferencial real de precio al productor
Aplicación adicional	Producto + pasada + oportunidad + eventual pérdida no recuperada

3. Primer punto de equilibrio: cuántos kilos necesita SiliGreen para pagarse

Con un costo base de $97.500/ha y una contribución marginal precosecha de $630/kg, el programa se paga preservando aproximadamente 155 kg/ha.

PUNTO DE EQUILIBRIO PRECOSECHA: 155 KG/HA ≈ 0,23% DE UN RENDIMIENTO DE 67 T/HA.

Si toda la recuperación proviniera de evitar descarte de fruta que ya fue cosechada, el umbral teórico se reduce a aproximadamente 122 kg/ha ($97.500 ÷ $800), equivalentes a cerca de 0,18% del rendimiento.

Este cálculo no promete que SiliGreen genere ese resultado. Establece el orden de magnitud que debe proteger para recuperar la inversión, y permite comparar ese umbral con las pérdidas documentadas del cultivo y con las respuestas observadas en la literatura.

4. Chile: sistema productivo, cultivares y condiciones que modifican el riesgo

La referencia ODEPA utilizada corresponde a un sistema bajo túnel con mulch, riego localizado y cultivares Albion y Monterey. INIA también reconoce la importancia de cultivares de día neutro y de la adaptación del manejo a condiciones locales de temperatura, humedad, disponibilidad de agua y presión sanitaria. [1,3]

Para este dossier, Chile no se trata como un ambiente único. La magnitud real de Botrytis, oídio, arañita, déficit hídrico, presión poscosecha o pérdida de calidad cambia con macrozona, estructura de protección, ventilación, fecha de plantación, sustrato/suelo, cultivar, carga y duración de cosecha.

Por eso los porcentajes internacionales no se trasladan automáticamente a Chile. Se utilizan para identificar mecanismos, órdenes de magnitud y condiciones de respuesta. La cuantificación económica final debe recalibrarse con los datos reales del predio.

5. Mapa internacional de evidencia y transferibilidad

La investigación se organizó por función. Chile define la economía y el contexto productivo. California y otros sistemas de EE.UU. ayudan a dimensionar la relación entre plagas, enfermedades y pérdida comercial. China aporta fisiología directa bajo déficit hídrico y estrés oxidativo. Japón aporta evidencia preventiva frente a oídio en condiciones de productor. Australia y Nueva Zelanda validan la importancia comercial de Botrytis, oídio, ácaros y poscosecha en sistemas de berries comparables. [7,9–20]

Origen	Aporte principal	Uso en este dossier
Chile	Costos, cultivares, sistema productivo, sanidad local	Base económica y agronómica

Origen	Aporte principal	Uso en este dossier
California	Arañita, oídio, cultivares, manejo comercial y poscosecha	Comparabilidad productiva
EE.UU. (otros)	Pérdidas por plagas/enfermedades y manejo comercial	Órdenes de magnitud
China	Agua, fotosíntesis, ROS, membranas, calidad	Mecanismos fisiológicos directos
Japón	Oídio y efecto preventivo; diferencias entre cultivares	Defensa y oportunidad
Australia	Botrytis, oídio, ácaros, descarte y costos de protección	Validación comercial de riesgos
Nueva Zelanda	Botrytis, oídio y cultivo protegido	Comparabilidad sanitaria
Canadá / Reino Unido	Absorción real de Si; oídio + arañita	Evidencia directa de multitransversalidad

6. Multitransversalidad fisiológica del AOS en frutilla

En frutilla, el interés agronómico del silicio no está en una respuesta aislada. Su verdadero valor aparece cuando se observa el cultivo como un sistema en el cual raíces, relaciones hídricas, fotosíntesis, equilibrio oxidativo, integridad de tejidos, defensa, formación de fruta, calidad y condición poscosecha están conectados.

Una planta no pierde rendimiento solamente porque “tuvo Botrytis”, “tuvo arañita” o “le faltó agua”. Antes de que esa pérdida llegue a la bandeja de cosecha existe una cadena fisiológica: menor funcionamiento radicular, alteración del balance hídrico, cierre estomático, reducción fotosintética, acumulación de ROS, deterioro de membranas, debilitamiento de tejidos y finalmente menor producción o menor proporción de fruta comercial.

EL INTERÉS DEL AOS ESTÁ EN CUÁNTOS PUNTOS DE ESA CADENA PUEDE INFLUIR UNA MISMA INTERVENCIÓN.

6.1. La frutilla puede absorber Si: disponibilidad antes que cantidad

Ouellette et al. identificaron en frutilla transportadores funcionales de entrada y salida de Si (Lsi1 y Lsi2). Bajo suministro continuo de Si soluble en túnel, las plantas acumularon hasta aproximadamente 3% de Si sobre materia seca. El mismo trabajo mostró reducción de oídio y aumento del rendimiento comercial cuando el Si fue efectivamente incorporado; en campo, cuando los tratamientos no consiguieron elevar Si en planta, tampoco aparecieron respuestas comparables. [4]

APLICAR SILICIO Y ENTREGAR SILICIO ABSORBIBLE NO SON NECESARIAMENTE LA MISMA COSA.

6.2. Raíz y vía de aplicación

Peris-Felipo et al. observaron respuestas de rendimiento, calidad y vida útil dependientes de sustrato, condición de hierro y vía de aplicación. Jarosz et al. evaluaron AOS estabilizado y encontraron que la aplicación radicular/fertirriego ejerció, en varias variables, una respuesta más marcada que la aplicación foliar. [5,8]

La conclusión no es que una vía sea universalmente superior. Es que la frutilla responde de manera sistémica y que la vía, la disponibilidad y el ambiente determinan cuánto de la intervención llega a traducirse en resultado.

6.3. Agua, fotosíntesis y estabilidad celular

En Beijing, un ensayo con cv. Kaorino bajo riego completo y deficitario mostró que el Si modificó carotenoides, defensa antioxidante, metabolismo nitrogenado y peroxidación de membranas. Bajo déficit hídrico, la aplicación radicular redujo MDA y protegió complejos fotosintéticos; la aplicación foliar destacó en varias respuestas antioxidantes y de asimilación de N. [9]

Otros estudios directos en frutilla bajo déficit hídrico muestran mejoras en clorofila, fotosíntesis, conductancia, eficiencia de uso de agua, estabilidad de membranas y biomasa con Si, reforzando la existencia de una vía fisiológica independiente de la sanidad. [10,11]

6.4. Estrés oxidativo: una vía común detrás de estreses diferentes

Déficit hídrico, salinidad, temperaturas adversas y presión biológica convergen parcialmente en daño oxidativo. En frutilla se han documentado disminuciones de MDA y aumentos de actividades antioxidantes como SOD, POD y CAT bajo suministro de Si en condiciones de estrés. [9–11]

Esta convergencia ayuda a explicar la transversalidad: una herramienta que mejora la capacidad de la planta para limitar ROS no queda fisiológicamente restringida a una sola contingencia.

6.5. Defensa frente a organismos diferentes

Kanto et al. demostraron durante dos años, bajo condiciones de productor en Japón, que el silicato soluble aplicado al suelo redujo oídio en Toyonoka y Sachinoka. El valor de control alcanzó 85,6% y 60,2% en Toyonoka y 58,0% y 40,6% en Sachinoka según temporada. La dureza foliar no explicó por sí sola la respuesta, sugiriendo mecanismos adicionales a una simple barrera física. [7]

Liu et al. mostraron en dos ensayos comerciales que el Si disminuyó simultáneamente oídio y Tetranychus urticae. Las poblaciones medias de arañita pasaron de 8,82 a 1,43 individuos en 2014 y de 6,69 a 1,83 en 2015. La severidad acumulada de oídio también disminuyó. [6]

UNA INTERVENCIÓN → DOS PRESIONES BIOLÓGICAS DISTINTAS → MÁS DE UNA OPORTUNIDAD DE PROTEGER PRODUCCIÓN.

6.6. Botrytis, rendimiento comercial y AOS estabilizado

Jarosz et al. evaluaron AOS estabilizado en cv. Falco. El tratamiento aumentó significativamente rendimiento total y comercial, peso y número de frutos comerciales, redujo la presencia de Botrytis durante cosecha y mejoró indicadores de vida poscosecha durante 120 horas de almacenamiento. La aplicación radicular tuvo, en general, mayor efecto que la foliar. [5]

El rendimiento comercial medio pasó de 539,52 g/planta en el control a 613,60 g/planta con 240 g Si/ha en el análisis independiente de la vía, aproximadamente +13,7%. Esta magnitud demuestra capacidad de respuesta, no una promesa para Chile.

6.7. Calidad y poscosecha: respuesta real, pero no universal

Peris-Felipo et al. encontraron, según sustrato y estado de hierro, respuestas en peso, diámetro, firmeza, azúcares, minerales y vida útil; en una condición la vida comercial aumentó alrededor de 1,5 días. Jarosz et al. también registraron efectos favorables sobre TSS, ácido ascórbico y estabilidad poscosecha. [5,8]

Sin embargo, otros trabajos recientes no muestran siempre mejoras de calidad o poscosecha. La conclusión correcta es condicional: el Si tiene capacidad demostrada para modificar esas variables, pero la respuesta depende de cultivar, ambiente, fuente, dosis y manejo.

6.8. Matriz de multitransversalidad fisiológica

Acción / proceso	Respuesta observada en frutilla	Resultado productivo posible	Vía económica
Absorción de Si	Lsi1/Lsi2; acumulación cuando la fuente está disponible	Permite que las demás respuestas ocurran	Eficiencia de inversión
Raíz	Respuesta a aplicación radicular / fertirriego	Sostener absorción y producción	Kg preservados
Balance hídrico	WUE, conductancia, estado hídrico	Menor caída bajo estrés	Producción preservada
Fotosíntesis	Pigmentos y protección de complejos fotosintéticos	Sostener llenado y crecimiento	Kg/calibre
Antioxidantes	SOD/POD/CAT; menor H_2O_2/MDA	Menor daño bajo estreses diversos	Producción preservada
Membranas	Menor peroxidación	Más tejido funcional	Rendimiento/condición
Defensa	Respuesta no explicada sólo por barrera física	Menor severidad de patógenos	Menor descarte
Oídio	Menor severidad / retraso epidémico	Mayor fruta comercial	Kg vendibles
Arañita	Menor población	Menor daño foliar	Kg/calidad preservados
Botrytis	Menor incidencia con AOS estabilizado	Menor fruta enferma	Menor descarte
Rendimiento comercial	Aumentos en distintos ensayos	Más fruta vendible	Ingreso adicional
Calidad / poscosecha	Firmeza, TSS, vida útil según condición	Mejor condición/categoría	Precio y descarte

6.9. De fisiología a economía: evitar doble conteo

Si un déficit hídrico aumenta ROS, altera membranas, reduce fotosíntesis y finalmente disminuye 500 kg/ha, esos cuatro mecanismos no son cuatro retornos económicos. Económicamente existen 500 kg preservados.

MÁS VÍAS DE PROTECCIÓN SIGNIFICA MÁS OPORTUNIDADES DE RETORNO, NO MULTIPLICAR ARTIFICIALMENTE EL MISMO KILO.

7. Dónde se destruye el margen en frutilla chilena

El margen puede destruirse antes de cosechar, durante la cosecha, al clasificar la fruta, después de cosechada o mediante gastos adicionales necesarios para defenderla. Por eso el dossier cuantifica la pérdida según el momento en que ocurre y según la evidencia disponible.

7.1. Déficit hídrico

El estrés hídrico reduce fotosíntesis, crecimiento y potencial comercial. Estudios directos en frutilla muestran caídas importantes bajo déficit, aunque su magnitud depende de cultivar e intensidad. Para dimensionar exposición económica, no para predecir Chile, se presentan escenarios sobre la base de 67 t/ha.

Caída productiva	Kg/ha expuestos	Margen potencial a $630/kg
5%	3.350	$2.110.500
10%	6.700	$4.221.000
15%	10.050	$6.331.500
25%	16.750	$10.552.500
35%	23.450	$14.773.500

El AOS no reemplaza el riego. Su posible valor económico está en preservar una fracción del potencial cuando el ambiente comienza a quitarlo, apoyado por evidencia directa de respuestas hídricas, fotosintéticas y antioxidantes en frutilla. [9–11]

7.2. Arañita

California considera a Tetranychus urticae una plaga capaz de reducir número de frutos y rendimiento, particularmente cuando la infestación ocurre temprano. Australia también la mantiene como plaga prioritaria y actualmente genera nuevos datos de eficacia debido a las limitadas herramientas químicas y al riesgo de resistencia. [12,20]

Si un evento de arañita provocara una pérdida de 10%, el margen potencial comprometido, bajo la base del dossier, sería del orden de $4,22 millones/ha. La evidencia de Liu et al. no permite prometer que el Si evitará ese 10%; sí demuestra una respuesta directa de la planta frente a la plaga. [6]

7.3. Botrytis

Botrytis puede destruir valor antes y después de cosecha. En frutilla, la infección floral puede permanecer latente y manifestarse más tarde durante maduración, por lo que parte del daño puede aparecer cuando una parte importante del costo ya fue incurrida. Nueva Zelanda y Australia la consideran una de las enfermedades claves del cultivo. [15,18]

Pérdida de fruta	Si ocurre antes de cosecha ($630/kg)	Si ocurre después de cosecha (hasta $800/kg)
1% = 670 kg	$422.100	$536.000
3% = 2.010 kg	$1.266.300	$1.608.000
5% = 3.350 kg	$2.110.500	$2.680.000
10% = 6.700 kg	$4.221.000	$5.360.000

Jarosz et al. aporta la evidencia más pertinente para nuestra tecnología: AOS estabilizado redujo Botrytis y aumentó simultáneamente rendimiento comercial. [5]

7.4. Oídio

Oídio puede afectar hojas, flores y fruto, reduciendo área funcional y calidad comercial. California y Nueva Zelanda lo consideran especialmente relevante en cultivos protegidos, donde humedad y temperatura pueden favorecer epidemias. [13,19]

Tenemos evidencia directa de reducción mediante Si en Japón, Canadá y Reino Unido. Sin embargo, para Chile aún no contamos con una cifra económica suficientemente defendible que permita asignar un porcentaje fijo de pérdida. En el modelo financiero se mantiene como vía de protección agronómicamente demostrada, pero sin agregar una cifra arbitraria.

7.5. Calidad y categoría

La pérdida de margen no exige que desaparezca el kilo. La fruta puede venderse en una categoría inferior. Boletines de ODEPA muestran diferencias sustanciales de precio entre categorías Especial, Primera, Segunda y Tercera en mercados mayoristas durante 2026. [21,22]

Esos precios no corresponden directamente al retorno productor y por eso no se utilizan como ROI. Sí demuestran que la calidad tiene valor económico real. La fórmula futura debe usar únicamente el diferencial efectivamente recibido por el agricultor.

UN KILO NO SIEMPRE VALE LO MISMO QUE OTRO KILO.

7.6. Poscosecha

UC Davis identifica las enfermedades como la principal causa de pérdidas poscosecha en frutilla y a Botrytis como la pudrición más importante. Retrasos de más de una hora en enfriamiento reducen el porcentaje de fruta comercializable. [14]

El informe australiano de FSANZ destaca la fragilidad de la fruta y señala que, en eventos climáticos extremos, los productores han reportado descartes de clasificación superiores a 40%. Esta cifra no se usa como pérdida esperable en Chile; demuestra la vulnerabilidad económica de fruta que ya consumió gran parte de los costos del ciclo. [17]

7.7. El costo de defender el margen

La ficha ODEPA incluye un programa fitosanitario referencial con fungicidas, Trichoderma, acaricidas, insecticidas y siete aplicaciones. En la estructura analizada, fungicidas/Trichoderma representan aproximadamente $424.100/ha, acaricidas cerca de $97.050/ha y siete pasadas de pesticidas cerca de $210.000/ha. [1]

Esto no autoriza a retirar productos. Demuestra una segunda forma de destrucción de margen: el productor también gasta dinero para evitar perder fruta.

EL AOS NO NECESITA REEMPLAZAR A OTRA HERRAMIENTA PARA GENERAR VALOR.

7.8. Riesgos que no se adjudican al AOS

La metodología exige excluir de la ecuación todo problema para el cual no exista evidencia suficiente de protección por Si/AOS. Un riesgo puede ser económicamente enorme y, aun así, su contribución atribuible a SiliGreen debe permanecer en $0 hasta que exista respaldo técnico.

Esta regla evita convertir el dossier en una suma oportunista de todas las pérdidas posibles del cultivo.

8. De la respuesta fisiológica al retorno económico

La multitransversalidad fisiológica sólo adquiere sentido económico cuando termina protegiendo una variable que el productor vende o un costo que efectivamente deja de pagar.

Nivel	Ejemplos	¿Se suma económicamente?
Mecanismo	Raíz, agua, fotosíntesis, ROS, defensa	No
Resultado productivo	kg, descarte, firmeza, fruta comercial	Todavía no necesariamente
Resultado económico	$ adicionales/protegidos o costo realmente evitado	Sí, una sola vez

9. Producción adicional y producción preservada

Los ensayos demuestran que ambas respuestas son posibles. Ouellette et al. registraron aumentos de fruta comercial bajo túnel cuando el Si fue absorbido. Jarosz et al. registraron aproximadamente +13,7% de rendimiento comercial con 240 g Si/ha en su análisis independiente de la vía. [4,5]

Estas magnitudes no se trasladan como promesa. Se usan para comparar el punto de equilibrio chileno —0,23%— con respuestas biológicas ya observadas y para demostrar que la inversión no necesita una respuesta extraordinaria para recuperar su costo.

10. Punto de equilibrio productivo

Producción comercial protegida	Kg/ha	Valor a $630/kg	Resultado después de $97.500
0,25%	168	$105.525	+$8.025
0,50%	335	$211.050	+$113.550
1,0%	670	$422.100	+$324.600
2,0%	1.340	$844.200	+$746.700
3,0%	2.010	$1.266.300	+$1.168.800
5,0%	3.350	$2.110.500	+$2.013.000

EL DOSSIER NO NECESITA DEMOSTRAR 10% MÁS DE RENDIMIENTO. NECESITA DEMOSTRAR QUE LA SUMA DE VÍAS REALES PUEDE PROTEGER MÁS DE $97.500/HA.

11. Cuando la fruta ya fue cosechada

El kilo poscosecha tiene una lógica distinta porque el costo de cosecha ya ocurrió. Si todo el retorno proviniera exclusivamente de evitar rechazo después de cosecha, el punto de equilibrio teórico sería aproximadamente 122 kg/ha, cerca de 0,18% del rendimiento.

No se sumará simultáneamente el mismo kilo como “rendimiento comercial” y “descarte evitado”. La etapa de la cadena define dónde se contabiliza.

12. Herramienta específica vs. herramienta transversal

Herramienta específica	AOS / herramienta transversal
Actúa sobre un objetivo definido	Actúa sobre múltiples procesos de la planta
Depende de presión y oportunidad del problema	Puede estar actuando antes de la contingencia
Puede controlar al agente causal	No necesita matar al agente para preservar funcionamiento
Puede requerir repetición según presión	Una misma intervención puede aportar en varias vías
Su retorno se concentra en el problema controlado	Su retorno puede construirse por rendimiento, descarte, calidad, estrés y racionalización

La diferencia no plantea una sustitución ideológica. Un fungicida o acaricida puede ser imprescindible. La lógica económica del AOS es complementaria: mejorar la capacidad funcional de la planta y, sólo cuando el manejo real lo permite, generar además ahorro por racionalización.

13. Calidad: proteger valor sin producir más kilos

Si el AOS contribuye a firmeza, calibre, condición u otro atributo que modifica categoría comercial, el retorno puede existir sin aumento de kg. Para evitar exageraciones, el dossier exige dos datos antes de cuantificar: kg que efectivamente cambian de categoría y diferencial real recibido por el productor.

VALOR DE CALIDAD PROTEGIDA = KG QUE CAMBIAN DE CATEGORÍA × DIFERENCIAL REAL DE PRECIO AL PRODUCTOR.

14. Racionalización del programa

La incorporación de AOS no significa retirar indiscriminadamente fertilizantes, bioestimulantes o fitosanitarios. El análisis debe hacerse producto por producto: objetivo, mecanismo, momento, función que se superpone y función que permanece propia.

Sólo se contabiliza ahorro cuando el productor y su asesor deciden efectivamente reducir o eliminar una intervención. Hasta ese momento, el ahorro económico es $0.

RACIONALIZAR NO ES SACAR PRODUCTOS. ES DEJAR DE PAGAR DOS VECES POR FUNCIONES QUE EL PROGRAMA REAL YA NO NECESITA DUPLICAR.

15. Las pasadas también son parte del costo

ODEPA utiliza aproximadamente $30.000/ha por aplicación de pesticidas en la estructura referencial. Si SiliGreen se integra correctamente en aplicaciones que el productor ya debía realizar, el costo incremental de esa pasada puede ser cero. Si requiere aplicaciones totalmente nuevas, deben cargarse al costo del programa. [1]

Situación	Costo incremental	Kg precosecha necesarios	% de 67 t/ha
Integrado en aplicaciones existentes	$97.500	155	0,23%
3 aplicaciones totalmente dedicadas	$187.500	298	0,44%
4 aplicaciones totalmente dedicadas	$217.500	345	0,52%

UNA BUENA ESTRATEGIA DE APLICACIÓN TAMBIÉN ES RENTABILIDAD.

16. Contingencias: cuánto de una pérdida debe recuperarse

Una contingencia no necesita desaparecer completamente para generar retorno. Si una condición adversa expone al productor a una pérdida de 5%, el margen potencial comprometido es aproximadamente $2,11 millones/ha. SiliGreen no tendría que impedir toda esa pérdida: para recuperar $97.500 bastaría preservar aproximadamente 4,6% de ese daño potencial.

Pérdida potencial del cultivo	Margen expuesto	Fracción de esa pérdida que paga $97.500
1%	$422.100	23,1%
3%	$1.266.300	7,7%
5%	$2.110.500	4,6%
10%	$4.221.000	2,3%
15%	$6.331.500	1,5%
25%	$10.552.500	0,92%
35%	$14.773.500	0,66%

17. Efecto anticíclico

Una temporada perfecta puede mostrar una respuesta pequeña porque existen pocas restricciones. Cuando aparecen déficit hídrico, alta demanda atmosférica, Botrytis, oídio, arañita o estrés combinado, conservar una parte del potencial adquiere mayor valor.

EN UNA TEMPORADA DIFÍCIL, PERDER MENOS PUEDE SER ECONÓMICAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE GANAR MÁS EN UNA TEMPORADA PERFECTA.

18. Retorno cuantificable y valor de protección

El dossier separa lo que puede sumarse en pesos de aquello que tiene valor agronómico pero no puede presupuestarse con precisión antes de la temporada.

Retorno cuantificable	Valor de protección
kg adicionales o preservados	Mayor estabilidad hídrica
kg que dejaron de descartarse	Mayor capacidad antioxidante
diferencial de calidad efectivamente recibido	Menor vulnerabilidad fisiológica
productos realmente racionalizados	Complementariedad con herramientas específicas
pasadas realmente evitadas	Mayor probabilidad de conservar potencial

QUE UN BENEFICIO NO PUEDA CONOCERSE DE ANTEMANO CON DOS DECIMALES NO SIGNIFICA QUE SU VALOR SEA CERO.

19. Ecuación económica

RETORNO NETO = PRODUCCIÓN ADICIONAL O PRESERVADA + DESCARTE EVITADO + CALIDAD REALMENTE PROTEGIDA + COSTOS RACIONALIZADOS + PASADAS REALMENTE EVITADAS − COSTO INCREMENTAL TOTAL DEL PROGRAMA AOS.

Regla absoluta: un mismo kilo no puede contarse dos veces. La fisiología explica por qué se protegió. La economía contabiliza cuánto valor terminó protegido.

20. Escenarios económicos

20.1. Escenario completamente aditivo

No se racionaliza ningún producto, no se elimina ninguna pasada y SiliGreen se integra a operaciones ya programadas. Costo incremental: $97.500/ha. Punto de equilibrio: 155 kg/ha = 0,23% del rendimiento.

20.2. Escenario operacional conservador

Tres aplicaciones requieren entradas completamente nuevas. Producto: $97.500. Aplicaciones: $90.000. Costo total incremental: $187.500/ha. Punto de equilibrio: 298 kg/ha = aproximadamente 0,44% del rendimiento.

20.3. Escenario multivía sin racionalización

Ejemplo matemático: 0,15% del rendimiento preservado antes de cosecha equivale a 100,5 kg × $630 = $63.315. Si además 0,07% evita descarte después de cosecha, 46,9 kg × $800 = $37.520. Valor total protegido: $100.835/ha. Ninguna vía pagó sola el programa; juntas sí.

20.4. Escenario multivía + racionalización efectiva

Ejemplo matemático: 0,10% de rendimiento precosecha preservado = $42.210; 0,05% de rechazo poscosecha evitado = $26.800; una pasada efectivamente evitada = $30.000. Total: $99.010/ha.

ESA ES LA MULTITRANSVERSALIDAD ECONÓMICA.

21. Qué NO se debe hacer con este dossier

- No usar el +13,7% de un ensayo como promesa comercial en Chile.
- No sumar agua + fotosíntesis + antioxidantes + rendimiento como cuatro retornos si explican los mismos kilos.
- No afirmar que SiliGreen reemplaza automáticamente un fungicida o acaricida.
- No contabilizar calidad sin conocer el diferencial real recibido por el productor.
- No contabilizar racionalización mientras la intervención siga realizándose.
- No atribuir a AOS pérdidas para las cuales no existe evidencia suficiente de protección.
- No trasladar porcentajes de California, China, Japón, Australia o Nueva Zelanda como si fueran incidencia chilena.

22. Respuesta al productor

"En la estructura ODEPA estamos hablando de un cultivo de alrededor de 67 toneladas por hectárea y $53,6 millones de ingreso bruto. El programa SiliGreen cuesta $97.500 por hectárea. Si tuviera que pagarse exclusivamente con fruta preservada antes de cosecha, necesita aproximadamente 155 kilos: 0,23% del rendimiento.

Pero ésa no es la única vía. Puede existir valor en producción preservada frente a estrés, menor descarte, sanidad, calidad, condición poscosecha o racionalización real de alguna intervención. No necesitamos que todas ocurran ni prometemos un porcentaje fijo de aumento. La lógica económica es que una misma inversión tiene múltiples oportunidades de proteger el margen."

23. Conclusión

La frutilla combina alto valor por kilogramo, elevada inversión por hectárea y múltiples formas de perder valor. El productor puede perder margen por menor rendimiento, descarte, pérdida de categoría, deterioro poscosecha, estrés hídrico, Botrytis, oídio, arañita o mayores costos necesarios para defender la producción.

El AOS tampoco actúa sobre un único punto. La evidencia directa en frutilla muestra respuestas sobre absorción, raíces, agua, fotosíntesis, antioxidantes, membranas, sanidad, rendimiento comercial, calidad y poscosecha. La magnitud no es uniforme y depende de cultivar, ambiente, fuente, vía y condición de estrés.

Por eso su evaluación económica no debe reducirse a cuánto aumentó el rendimiento. La pregunta correcta es cuánto margen consiguió producir o proteger la suma de sus distintas vías de acción.

MULTITRANSVERSALIDAD FISIOLÓGICA: UNA MISMA HERRAMIENTA ACTÚA SOBRE DIFERENTES PROCESOS DE LA PLANTA.

MULTITRANSVERSALIDAD ECONÓMICA: UNA MISMA INVERSIÓN DISPONE DE DIFERENTES VÍAS PARA GENERAR O PROTEGER MARGEN.

LA TRANQUILIDAD DEL SILICIO ESTÁ EN SU TRANSVERSALIDAD: NO DEPENDE DE UNA SOLA RESPUESTA, TIENE MÚLTIPLES FORMAS DE PROTEGER EL RESULTADO.

Bibliografía y fuentes documentales

Las fuentes se agrupan por función. Se priorizan organismos oficiales, artículos científicos y documentación técnica de industria. Las referencias comerciales se utilizan sólo para costos, programas o ejemplos de mercado; no sustituyen evidencia científica.

1. ODEPA. Ficha de costo: Frutilla, Región Metropolitana. Frutilla en túnel con mulch, tecnología media, Albion/Monterey. Publicación 29 enero 2025; estructura de costos 2022-23. https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/fichas-de-costo-contenidos-rubro/ficha-de-costo-frutilla-region-metropolitana

2. NewGreen Chile. Programa económico SiliGreen utilizado en este dossier: 1,5 L/ha/temporada; $97.500 netos/ha. Valor comercial de referencia sujeto a actualización.

3. INIA Chile. Ficha / antecedentes técnicos de producción de frutilla. https://planpredial.inia.cl/media/documentos/frutilla.pdf

4. Ouellette, S. et al. (2017). Silicon Transporters and Effects of Silicon Amendments in Strawberry under High Tunnel and Field Conditions. Frontiers in Plant Science 8:949. DOI 10.3389/fpls.2017.00949. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00949

5. Jarosz, Z., Dzida, K., Zydlik, Z., Jarosz, M., Kamiński, S., & Pitura, K. (2025). Effect of Foliar and Root Silicon Supply on Yielding and Gray Mold Incidence in Strawberry Pot Cultivation. Agriculture 15(4):401. DOI 10.3390/agriculture15040401. https://doi.org/10.3390/agriculture15040401

6. Liu, B., & Davies, K. (2020). Silicon builds resilience in strawberry plants against both strawberry powdery mildew Podosphaera aphanis and two-spotted spider mites Tetranychus urticae. PLOS ONE 15(12):e0241151. DOI 10.1371/journal.pone.0241151. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241151

7. Kanto, T., Miyoshi, A., Ogawa, T., Maekawa, K., & Aino, M. (2006). Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. Journal of General Plant Pathology 72:137–142. DOI 10.1007/s10327-005-0270-8. https://doi.org/10.1007/s10327-005-0270-8

8. Peris-Felipo, F. J., Benavent-Gil, Y., & Hernández-Apaolaza, L. (2020). Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status. Plant Physiology and Biochemistry 152:23–31. DOI 10.1016/j.plaphy.2020.04.026. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.026

9. Silicon application improves strawberry plant antioxidation ability and fruit nutrition under both full and deficit irrigation. Scientia Horticulturae 309 (2023) 111684. DOI 10.1016/j.scienta.2022.111684. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111684

10. Effect of Silicon on Growth and Development of Strawberry under Water Deficit Conditions. Horticultural Plant Journal 4(6) (2018):226–232. DOI 10.1016/j.hpj.2018.09.004. https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.09.004

11. Effects of Silicon on Strawberry Growth and Physiological Characteristics under Drought Stress (2013). Journal of Nuclear Agricultural Sciences. https://www.hnxb.org.cn/EN/10.11869/hnxb.2013.05.0703

12. University of California IPM. Strawberry: Spider Mites. https://ipm.ucanr.edu/agriculture/strawberry/spider-mites/

13. University of California IPM. Strawberry: Powdery Mildew. https://ipm.ucanr.edu/agriculture/strawberry/powdery-mildew/

14. UC Davis Postharvest Research and Extension Center. Strawberry Produce Facts. https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/strawberry

15. Hort Innovation Australia. Biological control of Botrytis cinerea in strawberry (BS12007). https://www.horticulture.com.au/growers/help-your-business-grow/research-reports-publications-fact-sheets-and-more/bs12007

16. Hort Innovation Australia. Ultraviolet light / strawberry powdery mildew R&D project, 2025. https://www.horticulture.com.au/news-and-events/latest-news/2025/ultraviolet-light-helps-growers-put-fungicides-to-bed-and-improve-productivity-in-new-rd-project

17. Food Standards Australia New Zealand. Strawberry industry report: handling, shelf life and grading losses. https://mta-sts.foodstandards.gov.au/sites/default/files/publications/Documents/Strawberry%20report.pdf

18. Strawberry Growers New Zealand / Berryworld. Botrytis in Strawberries. https://www.strawbsnz.co.nz/news/news/botrytis-in-strawberries/

19. Strawberry Growers New Zealand. Powdery mildew factsheet (2024). https://www.strawbsnz.co.nz/assets/Grower-Resources-v2/Disease-sheets/B3-Powdery-Mildew.pdf

20. Hort Innovation Australia. Generation of data – Rubus and strawberry mite efficacy and residue trials (MT25006), 2025–2027. https://prod2.horticulture.com.au/growers/help-your-business-grow/research-reports-publications-fact-sheets-and-more/mt25006/

21. ODEPA. Boletín diario de frutas y hortalizas, 18 mayo 2026. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2026/05/Boletin_Diario_de_Frutas_y_Hortalizas_20260518.pdf

22. ODEPA. Boletín diario de frutas y hortalizas, 22 junio 2026. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2026/06/Boletin_Diario_de_Frutas_y_Hortalizas_20260622.pdf

Nota final de uso

Este dossier es una matriz económica y fisiológica. Debe actualizarse con el programa real del predio, precios netos vigentes, rendimiento esperado, porcentaje de descarte, diferencias reales de categoría, número de aplicaciones y costo local de pasadas. La decisión de mantener, reducir o retirar una herramienta debe tomarla el productor junto con su asesor técnico.

Las respuestas experimentales citadas demuestran capacidad de respuesta bajo condiciones específicas. No constituyen garantía de desempeño ni sustituyen validación local. El objetivo del documento es mostrar cómo valorar económicamente una herramienta transversal sin inflar beneficios, sin doble contabilización y sin exigir que una única respuesta pague toda la inversión.