BIBLIOTECA DE SILICE

CT-NG 0016

CULTIVOS HIDROPÓNICOS

SILICIO EN SISTEMAS SIN SUELO

Solución nutritiva, raíces, rendimiento, calidad, estrés y vida poscosecha

---

¿CUÁNTO VALOR SE PUEDE PERDER EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO?

La hidroponía permite controlar con gran precisión el ambiente en que se desarrollan las raíces:

agua + nutrientes + pH + conductividad + oxígeno + temperatura.

Esa precisión explica buena parte de su productividad.

Pero también significa que la composición de la solución nutritiva puede tener efectos directos sobre el estado fisiológico de la planta.

En este contexto, el silicio adquiere una particular relevancia porque puede incorporarse directamente al entorno radical y, dependiendo de la fuente y concentración utilizada, modificar:

crecimiento + estado nutricional + respuesta al estrés + calidad + rendimiento + conservación poscosecha.

La evidencia disponible ya alcanza numerosos cultivos sin suelo y es especialmente abundante en:

lechuga + tomate + frutilla + pepino + pimiento + melón.

Por eso la pregunta no es simplemente:

¿Se puede agregar silicio a una solución nutritiva?

La evidencia demuestra que sí.

La verdadera cuestión agronómica es:

¿QUÉ EFECTO PRODUCE EL SILICIO CUANDO SE MANEJA DIRECTAMENTE EN EL ENTORNO RADICAL DEL CULTIVO?

---

1. EL SILICIO EN HIDROPONÍA

Los primeros estudios de cultivos hortícolas sin suelo ya habían mostrado una característica importante: algunas plantas cultivadas en soluciones nutritivas presentaban concentraciones de Si considerablemente menores que plantas desarrolladas en suelo.

La investigación realizada en sistemas sin suelo con:

pepino + melón + zucchini + frutilla

demostró que el suministro de Si al ambiente radical podía aumentar su concentración en los tejidos. (ScienceDirect)

Esto fue particularmente importante porque estableció una diferencia entre:

cultivo en suelo

y

cultivo en sistema sin suelo.

En un sistema hidropónico, por lo tanto, el Si disponible para la planta puede depender directamente de lo que se incorpore a la solución nutritiva.

---

2. LA RESPUESTA CAMBIA SEGÚN EL CULTIVO

La evidencia histórica y posterior muestra que las especies hortícolas no presentan la misma capacidad de absorber y acumular Si.

En los estudios clásicos, la incorporación de Si al ambiente radical aumentó claramente su concentración en:

pepino + melón + zucchini + frutilla.

En cambio, la absorción fue mucho menor en determinados ensayos con:

tomate + pimiento + lechuga.

(ScienceDirect)

La investigación posterior demuestra que esta diferencia no significa que tomate o lechuga sean indiferentes al silicio.

Significa que:

absorción de Si y respuesta agronómica son procesos diferentes.

Un cultivo puede responder fisiológicamente a una fuente de Si aun cuando la cantidad acumulada en sus tejidos sea relativamente moderada.

---

3. LECHUGA: UNA DE LAS HORTALIZAS HIDROPÓNICAS MÁS IMPORTANTES

La lechuga merece un lugar central en este capítulo porque combina:

producción intensiva + ciclos cortos + cultivo hidropónico ampliamente desarrollado + alta sensibilidad comercial a la calidad de hoja.

En este cultivo, la evidencia reciente es especialmente interesante porque llega hasta la **vida poscosecha**.

---

4. LECHUGA HIDROPÓNICA: SILICIO Y PRODUCCIÓN

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Albalasmeh et al. (2025)

En lechuga cultivada en sistema hidropónico flotante se evaluaron distintas concentraciones de Si incorporadas a la solución nutritiva.

La suplementación con Si a **75 mg/L** aumentó el peso fresco total en:

17,7%

respecto del control.

Además, el Si modificó la composición mineral, aumentando el contenido de fósforo mientras varios otros nutrientes no mostraron cambios consistentes. (Nature)

Albalasmeh, A. A. et al. (2025).
Silicon extends the shelf life of hydroponically grown lettuce. **Scientific Reports, 15, 33302.**

Estudio científico

Este resultado es especialmente relevante porque demuestra una respuesta productiva directa en uno de los cultivos emblemáticos de la hidroponía.

---

5. LECHUGA: SILICIO Y VIDA POSCOSECHA

El mismo estudio mostró un efecto todavía más interesante después de la cosecha.

Durante almacenamiento a **4 °C**, la suplementación con Si incrementó la longevidad del producto aproximadamente:

40% con 25 mg/L

40% con 50 mg/L

60% con 75 mg/L

y

80% con 100 mg/L,

respecto del control. (Nature)

Este resultado tiene una importancia comercial enorme.

Porque en una hortaliza de hoja:

una planta que produce más no necesariamente tiene más valor si pierde rápidamente su calidad después de cosecha.

En este caso, el efecto del Si alcanza directamente:

PRODUCTIVIDAD + VIDA COMERCIAL.

---

6. LECHUGA: SILICIO Y ESTRÉS SALINO

La salinidad sí constituye un problema relevante en hidroponía porque la concentración de sales puede aumentar directamente la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

Un estudio de 2025 evaluó **SiO_2 nanoparticulado** en lechuga hidropónica sometida a diferentes tratamientos salinos.

El objetivo fue determinar si el Si podía modificar simultáneamente:

respuesta al estrés + calidad nutracéutica.

Los resultados mostraron que la interacción entre salinidad y Si dependió de la condición evaluada y que el Si modificó determinados parámetros fisiológicos y de calidad. (PubMed)

EVIDENCIA CIENTÍFICA

SiO_2 y salinidad en lechuga hidropónica (2025)

Este estudio es especialmente útil porque representa un problema real de los sistemas sin suelo:

ESTRÉS OSMÓTICO PRODUCIDO POR LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

---

7. LECHUGA: SILICIO Y CONSERVACIÓN DEL TEJIDO

Un segundo trabajo publicado en 2025 llevó la evidencia de Si en lechuga hasta una escala todavía más comercial.

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Pang et al. (2025)

Una inmersión única en ácido silícico, aplicada después de la cosecha, redujo la pérdida de peso de la lechuga en:

69%

y aumentó las actividades antioxidantes entre:

74% y 383%.

También redujo:

nitrito en 91%

y la carga bacteriana superficial en:

83%.

(ScienceDirect)

Pang, Z. et al. (2025).
Single-pulse silicic acid immersion for extending the shelf life of lettuce. **LWT, 232, 118407.**

Estudio científico

Aunque este trabajo es **poscosecha y no una aplicación hidropónica durante el cultivo**, resulta muy valioso para el capítulo porque demuestra que el ácido silícico puede influir directamente sobre:

pérdida de agua + metabolismo antioxidante + microbiología superficial + conservación.

8. LECHUGA: UNA EVIDENCIA CLAVE SOBRE DOSIS

La literatura en lechuga también demuestra que la respuesta no es simplemente:

más Si = más beneficio.

El estudio de 2025 mostró respuestas diferentes según la concentración utilizada.

Por eso en sistemas hidropónicos:

la concentración en la solución nutritiva forma parte del efecto agronómico.

Esto es especialmente importante porque una solución nutritiva no es solamente un vehículo.

Es el **ambiente radical completo**.

---

9. TOMATE: EL SEGUNDO GRAN CULTIVO HIDROPÓNICO

Tomate merece una sección extensa porque existe una cantidad importante de evidencia en:

hidroponía + salinidad + nutrición + rendimiento + calidad + poscosecha.

Aquí el silicio ha mostrado algunos de los resultados más interesantes de toda la literatura.

---

10. TOMATE HIDROPÓNICO: SILICIO Y SALINIDAD

EVIDENCIA CIENTÍFICA DESTACADA

Costan et al. (2020)

Se cultivaron plantas de tomate hidropónicamente bajo:

0 y 50 mmol/L de NaCl

con y sin Si incorporado a la solución nutritiva.

La salinidad provocó:

- menor tamaño de planta;
- menor rendimiento;
- menor peso fresco de fruto;

- fuerte aumento de **blossom-end rot**.

La incorporación de Si a la solución nutritiva:

contrarrestó parte de estos efectos negativos, aumentando rendimiento y reduciendo la incidencia de pudrición apical. (PubMed)

Además, tratamientos con Si antes y después de cosecha mantuvieron mejor la firmeza de los frutos durante almacenamiento y aumentaron su vida comercial. (Wiley)

Costan, A. et al. (2020).
Interactive effects of salinity and silicon application on Solanum lycopersicum growth, physiology and shelf-life of fruit produced hydroponically. **Journal of the Science of Food and Agriculture, 100, 732–743.**

DOI: **10.1002/jsfa.10076**

Estudio científico

Este es uno de los trabajos que mejor representa el potencial del Si en un sistema hidropónico:

SOLUCIÓN NUTRITIVA → PLANTA → MENOS ESTRÉS → FRUTO → POSCOSECHA

---

11. TOMATE HIDROPÓNICO: SILICIO Y EQUILIBRIO IÓNICO

En otro estudio, realizado en un sistema hidropónico recirculante, el Si fue evaluado frente a diferentes niveles de NaCl.

La salinidad redujo:

biomasa + rendimiento + K en raíz y parte aérea.

El Si:

- recuperó parcialmente biomasa y rendimiento bajo salinidad moderada;
- redujo Na en la parte aérea en **19%** bajo 20 mM NaCl;
- y en **32%** bajo 60 mM;
- mejoró el equilibrio **K/Na**;
- aumentó la actividad de peroxidasa y la prolina bajo la condición más severa. (Taylor & Francis)

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Silicon enhances tolerance to moderate NaCl-salinity in tomato grown in a hydroponic recirculating system (2021).

Estudio científico

Esto es especialmente relevante en hidroponía porque demuestra una interacción directa entre:

SILICIO + SOLUCIÓN NUTRITIVA + BALANCE IÓNICO.

---

12. TOMATE: SILICIO Y PUDRICIÓN APICAL

La pudrición apical es uno de los problemas de calidad más conocidos del tomate.

El trabajo de Costan et al. mostró que bajo salinidad la incorporación de Si a la solución nutritiva redujo su incidencia. (PubMed)

Esto no significa que el Si sea una fuente de calcio.

La interpretación correcta es:

el manejo con Si modificó la respuesta del tomate al estrés salino y se asoció con una menor incidencia de blossom-end rot bajo las condiciones experimentales estudiadas.

Es un resultado especialmente interesante porque llega directamente a:

FRUTA COMERCIAL.

---

13. TOMATE: SILICIO Y CALIDAD DEL FRUTO

La investigación no se ha limitado a rendimiento y sanidad.

EVIDENCIA CIENTÍFICA · Food Chemistry: X (2024)

Un estudio evaluó concentraciones crecientes de Si y encontró aumentos en:

- ácidos orgánicos;
- azúcares;
- polifenoles;
- compuestos volátiles.

Con una concentración intermedia de Si, el ácido clorogénico aumentó:

56,99%

y la rutina:

20,31%

respecto del control.

La relación azúcar/ácido aumentó:

19,21%

y también se observaron cambios en Ca y Mg del fruto. (ScienceDirect)

Exogenous silicon applied at appropriate concentrations is effective at improving tomato nutritional and flavor qualities (2024).

Food Chemistry: X, 22, 101306.

DOI: **10.1016/j.fochx.2024.101306**

Estudio científico

Este trabajo es especialmente útil porque muestra que:

el Si puede modificar la composición del tomate incluso cuando la planta no está enfrentando un estrés severo.

---

14. TOMATE: SILICIO Y TEXTURA DEL FRUTO

EVIDENCIA CIENTÍFICA · Scientia Horticulturae (2024)

Otro estudio, realizado con tomate 'Jinfan502', evaluó diferentes concentraciones de Si.

La aplicación de Si a **1,2 mmol/L** aumentó la firmeza del fruto.

Los autores relacionaron esta respuesta con cambios en el metabolismo de la pared celular y una menor actividad de enzimas que participan en su degradación.

También observaron una reducción de la producción de etileno.

(ScienceDirect)

Effect of exogenous silicon treatments on cell wall metabolism and textural properties of tomato fruits (2024).

Scientia Horticulturae, 336, 113407.

DOI: **10.1016/j.scienta.2024.113407**

Estudio científico

Aquí la fisiología sí vale la pena porque explica un resultado directamente comercial:

SILICIO → PARED CELULAR → FIRMEZA → VIDA POSCOSECHA

---

15. TOMATE: SILICIO Y ESTRÉS OSMÓTICO

Existe también un estudio de 2023 sobre tomate de invernadero que combinó experimentalmente:

restricción hídrica + salinidad.

Es importante aclarar que esto **no representa "sequía" como condición normal de la hidroponía**.

Fue un tratamiento experimental para generar estrés osmótico en plantas de tomate.

Bajo esas condiciones, el Si aumentó:

- rendimiento;
- sólidos solubles;
- vitamina C;
- azúcares solubles;
- licopeno.

El rendimiento aumentó entre aproximadamente:

6,5–17,7%

según el nivel de estrés. (ScienceDirect)

Este resultado puede utilizarse para estudiar la respuesta al estrés osmótico, pero en el CT la prioridad debe seguir siendo:

salinidad + ambiente protegido + solución nutritiva.

16. TOMATE: UNA EVIDENCIA MUY RECIENTE EN HIDROPONÍA

EVIDENCIA CIENTÍFICA · 2026

Un trabajo reciente evaluó aplicaciones de nano-Si en **plántulas de tomate cultivadas hidropónicamente bajo bajo fósforo**.

El estrés por bajo P redujo crecimiento, alteró metabolismo de carbohidratos y aumentó especies reactivas de oxígeno.

El tratamiento más efectivo:

100 mg/L de nano-Si

redujo la acumulación de ROS y mejoró la actividad antioxidante.

También modificó el metabolismo de carbohidratos y, bajo las condiciones del estudio, aumentó:

rendimiento aproximadamente 19%

azúcares solubles aproximadamente 50%

sacarosa aproximadamente 70%

vitamina C aproximadamente 47%. (ScienceDirect)

Este trabajo aporta una línea particularmente interesante:

En hidroponía, el Si también puede interactuar con la disponibilidad de fósforo y con el metabolismo del carbono.

---

17. TOMATE: EL SILICIO NO SIEMPRE AUMENTA TODAS LAS VARIABLES

La evidencia también muestra respuestas parciales.

Por ejemplo, en tomate hidropónico sometido a salinidad, un estudio de 2023 encontró que el Si mejoró determinados atributos de calidad, como la relación TSS/acidez, pero **no aumentó significativamente el rendimiento bajo los tratamientos salinos evaluados**. (Agrociencia)

Esto es importante.

El resultado no debe convertirse en:

“el silicio no funciona”.

La lectura correcta es:

En ese ensayo, la respuesta del Si se expresó principalmente sobre determinados atributos de calidad y composición del fruto, más que sobre rendimiento.

Eso es exactamente el tipo de resultado que debemos conservar.

---

18. FRUTILLA: LA TERCERA GRAN PROTAGONISTA

Frutilla merece un lugar destacado porque el cultivo en sistemas sin suelo está ampliamente desarrollado y porque existen estudios específicos sobre:

plantas jóvenes + raíces + rendimiento + calidad + solución nutritiva + poscosecha.

---

19. FRUTILLA: SILICIO DURANTE LA FORMACIÓN DE PLANTAS

EVIDENCIA CIENTÍFICA · Agronomy (2020)

Un estudio evaluó diferentes formas de aplicar Si durante la propagación de plantas hijas de frutilla en sustrato hidropónico.

El tratamiento mediante **drench radical**, tanto antes como después de la propagación, aumentó significativamente:

- altura;
- longitud y diámetro de pecíolos;
- dimensiones foliares;
- peso fresco y seco de parte aérea;
- **peso fresco y seco de raíces.**

(MDPI)

Method of Silicon Application Affects Quality of Strawberry Daughter Plants during Cutting Propagation in Hydroponic Substrate System (2020).

Agronomy, 10, 1753.

Estudio científico

Para hidroponía es un resultado muy valioso porque demuestra que el Si puede actuar desde una etapa temprana del sistema productivo:

SOLUCIÓN → RAÍZ → CALIDAD DE PLANTA.

---

20. FRUTILLA: SILICIO, RENDIMIENTO Y CALIDAD

EVIDENCIA CIENTÍFICA · Plant Physiology and Biochemistry (2020)

En frutilla 'Fortuna', la aplicación de Si mostró efectos favorables sobre:

- rendimiento;
- diámetro;
- peso de fruto;
- glucosa;
- fructosa;
- vida poscosecha.

Dependiendo del sustrato y del estado nutricional de hierro, la respuesta fue diferente.

En determinadas condiciones, la vida comercial se extendió aproximadamente:

1,5 días.

(ScienceDirect)

Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status (2020).

Plant Physiology and Biochemistry, 152, 23–31.

DOI: **10.1016/j.plaphy.2020.04.026**

Estudio científico

---

21. FRUTILLA: SILICIO + LUZ + AGUA

Otro estudio combinó:

silicio + iluminación suplementaria + manejo del riego

en frutilla cultivada en sistemas sin suelo.

La combinación de silicio con iluminación suplementaria modificó favorablemente:

- azúcares reductores;
- polifenoles;
- ascorbato;
- metabolismo nitrogenado.

Este tipo de evidencia es particularmente relevante para hidroponía porque demuestra que el efecto del Si depende también del **ambiente de cultivo**.

No es solamente:

fuente + dosis.

También es:

luz + agua + nutrición.

---

22. FRUTILLA: CUANDO ABSORBER MÁS SILICIO NO CAMBIA EL RENDIMIENTO

Aquí encontramos un estudio fundamental para mantener el equilibrio científico del CT.

EVIDENCIA CIENTÍFICA · Scientia Horticulturae (2025)

En frutilla 'Sabrosa' cultivada en sistema sin suelo se incorporaron:

50 y 100 mg/L de K_2SiO_3

a la solución nutritiva.

La planta absorbió y acumuló Si de forma dependiente de la dosis.

El fruto llegó a presentar aproximadamente:

3 veces más Si con 50 mg/L

y

5 veces más Si con 100 mg/L

respecto del control.

Sin embargo:

rendimiento + firmeza + materia seca + °Brix + perfil nutracéutico

no cambiaron significativamente.

(ScienceDirect)

Silicon partitioning and accumulation in agronomic biofortification of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) cv. Sabrosa grown in soilless system (2025).

Scientia Horticulturae, 350, 114322.

DOI: **10.1016/j.scienta.2025.114322**

Estudio científico

Este resultado es muy importante porque demuestra:

MAYOR ABSORCIÓN DE SI NO SIGNIFICA AUTOMÁTICAMENTE MAYOR RENDIMIENTO.

La respuesta agronómica depende de las condiciones del sistema y del cultivo.

---

23. FRUTILLA: QUÉ NOS DICE EL CONJUNTO DE ESTUDIOS

En frutilla encontramos tres niveles diferentes de evidencia:

planta → raíces y biomasa

fruto → rendimiento, azúcares y calidad

solución nutritiva → absorción y acumulación de Si

Y cada uno puede responder de manera diferente.

Esto convierte a la frutilla en un excelente modelo para comprender el manejo del Si en hidroponía.

---

24. PEPINO: LA EVIDENCIA CLÁSICA

Pepino es uno de los cultivos que más tempranamente demostró respuestas al silicio en sistemas sin suelo.

Los trabajos clásicos mostraron que la incorporación de Si al entorno radical aumentaba claramente su contenido en los tejidos y podía incrementar rendimiento. (ScienceDirect)

La evidencia posterior también mostró:

mejor crecimiento + rendimiento + azúcares + vitamina C

con aplicaciones de Si en condiciones de campo. (ScienceDirect)

Por lo tanto, pepino constituye uno de los ejemplos históricos y modernos más consistentes de respuesta al Si en horticultura intensiva.

---

25. PEPINO Y OÍDIO

La relación entre Si y oídio está especialmente bien documentada en pepino.

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Liang et al. (2005)

El suministro de Si por la raíz aumentó la resistencia inducida frente a *Podosphaera xanthii*.

La enfermedad disminuyó y se observaron aumentos de enzimas asociadas con mecanismos defensivos, entre ellas:

peroxidasa + polifenol oxidasa + quitinasa.

Estudio científico

Esto constituye uno de los antecedentes clásicos que ayudaron a establecer la relación:

SILICIO → DEFENSA VEGETAL → MENOR SEVERIDAD DE OÍDIO.

---

26. PIMIENTO: SILICIO EN HIDROPONÍA

EVIDENCIA CIENTÍFICA

Trejo-Téllez et al. (2020)

En plantas de pimiento cultivadas hidropónicamente, concentraciones intermedias de Si mejoraron:

- área foliar;
- biomasa;
- clorofila;

- azúcares;
- determinadas variables de aminoácidos.

Pero concentraciones superiores produjeron efectos menos favorables sobre algunas variables.

(PMC)

Trejo-Téllez, L. I. et al. (2020).
Silicon induces hormetic dose-response effects on growth and concentrations of chlorophylls, amino acids and sugars in pepper plants during the early developmental stage.

PeerJ, 8, e9224.

Estudio científico

Esto es una evidencia muy clara de que:

en hidroponía existe un rango de respuesta, y sobrepasarlo no necesariamente aumenta el beneficio.

---

27. MELÓN Y OTRAS CUCURBITÁCEAS

La literatura hidropónica también incluye:

melón + zucchini + otras cucurbitáceas.

Los primeros trabajos ya habían demostrado que el suministro radical de Si podía aumentar su concentración en estos cultivos. (ScienceDirect)

En melón, además, investigaciones recientes muestran efectos del Si sobre:

raíces + partidura + rendimiento + °Brix + azúcares + vitamina C.

Estos resultados son especialmente importantes para mostrar que la evidencia del Si en cucurbitáceas puede pasar del ambiente radical al fruto.

---

28. FUENTE DE SILICIO Y BIODISPONIBILIDAD

Los resultados publicados en **cultivos hidropónicos** deben interpretarse considerando la fuente de silicio utilizada.

La enorme cantidad de evidencia acumulada con fuentes tradicionales demuestra que **el silicio es una herramienta agronómica útil**.

No necesitamos negar esos resultados.

Al contrario:

Un resultado positivo obtenido con una fuente tradicional de silicio habla bien del elemento y de su potencial agronómico.

La diferencia está en **cómo conseguimos poner ese silicio a disposición de la planta**.

Y aquí aparece una idea central:

Las fuentes tradicionales de silicio han demostrado que el elemento funciona. Las nuevas tecnologías buscan conseguir esa respuesta utilizando el silicio de una manera cada vez más eficiente.

Y esta frase debe quedarse como una de las líneas centrales de la colección:

NO SE TRATA DE APLICAR MÁS SILICIO.

SE TRATA DE UTILIZARLO DE MANERA MÁS EFICIENTE.

---

29. ¿QUÉ PODEMOS AFIRMAR HOY?

La evidencia acumulada permite sostener que, en sistemas hidropónicos y sin suelo, el silicio puede generar respuestas directas en:

Lechuga

peso fresco + nutrición + vida poscosecha + respuesta a salinidad.

Tomate

rendimiento + pudrición apical + firmeza + calidad nutricional + respuesta a salinidad + tolerancia a estrés osmótico.

Frutilla

raíces + calidad de planta + rendimiento + azúcares + vida poscosecha + acumulación de Si.

Pepino

rendimiento + crecimiento + azúcares + defensa frente a oídio.

Pimiento

biomasa + clorofila + azúcares + respuesta dependiente de dosis.

Melón

raíces + rendimiento + sólidos solubles + azúcares + calidad de fruto.

La amplitud de estas respuestas demuestra que el interés del Si en hidroponía no se restringe a un solo tipo de cultivo.

---

30. ¿QUÉ NO DEBEMOS GENERALIZAR?

La evidencia tampoco permite afirmar que:

- exista una concentración universal de Si para todos los cultivos;
- todas las fuentes sean equivalentes;
- una mayor concentración produzca siempre una mayor respuesta;
- mayor acumulación de Si signifique necesariamente mayor rendimiento;
- todo cultivo hidropónico responda positivamente;
- el silicio reemplace la nutrición mineral convencional;
- el Si controle por sí solo las enfermedades.

La evidencia de frutilla y pimiento demuestra precisamente que **absorción y respuesta productiva pueden no avanzar en la misma dirección**. (ScienceDirect; PMC)

Por eso:

el valor del Si en hidroponía depende de utilizar la fuente, concentración y condición de manejo adecuadas para cada cultivo.

---

31. PREGUNTAS QUE VALE LA PENA HACERSE

¿El sistema incorpora silicio disponible para la planta?

¿La fuente utilizada es estable dentro del rango de pH y conductividad del sistema?

¿La concentración utilizada está respaldada por evidencia para ese cultivo?

¿Estamos evaluando rendimiento junto con calidad y vida poscosecha?

¿Qué ocurre con el Si cuando la solución nutritiva genera estrés salino u osmótico?

¿La respuesta es diferente entre cultivos o variedades?

¿Estamos comparando realmente la eficiencia con que la fuente entrega silicio a la planta?

EL CONOCIMIENTO TAMBIÉN ES UNA HERRAMIENTA PRODUCTIVA

El manejo de los sistemas sin suelo evoluciona. Nuevas investigaciones pueden cambiar lo que creemos saber sobre determinadas herramientas de nutrición.

El silicio merece ser considerado con la misma rigurosidad con que evaluamos cualquier otro componente de la solución nutritiva.

---

32. DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA AL PRODUCTO COMERCIAL

En un sistema hidropónico, la cadena es especialmente directa:

solución nutritiva
↓
ambiente radical
↓
absorción
↓
estado fisiológico
↓
crecimiento
↓
órgano cosechado
↓
calidad
↓
vida comercial
↓
VALOR POR UNIDAD DE SUPERFICIE

En lechuga, el efecto puede llegar hasta la vida poscosecha.

En tomate, hasta:

rendimiento + firmeza + pudrición apical + composición nutricional.

En frutilla:

raíces + planta + fruto + acumulación de Si.

En pepino y pimiento:

crecimiento + rendimiento + calidad + sanidad.

Eso convierte al silicio en una herramienta particularmente interesante para sistemas de producción intensiva.

---

33. CONCLUSIÓN

La hidroponía ofrece una condición especialmente favorable para aprovechar el silicio: el elemento puede incorporarse directamente al entorno donde se desarrolla la raíz y su disponibilidad puede manejarse con mucha mayor precisión que en un suelo convencional.

La evidencia acumulada en sistemas sin suelo muestra respuestas del silicio en diferentes etapas de la producción:

raíces → crecimiento → nutrición → fotosíntesis → tolerancia al estrés → rendimiento → calidad → poscosecha.

En **lechuga**, los resultados recientes son especialmente interesantes. La suplementación con Si en la solución nutritiva aumentó el peso fresco y, además, permitió extender significativamente la vida comercial del producto después de cosecha. En determinadas condiciones, la prolongación de la vida poscosecha llegó hasta **80%** respecto del control.

En **tomate**, el silicio ha mostrado respuestas especialmente relevantes bajo salinidad y otras condiciones de estrés, con mejoras en rendimiento, menor incidencia de pudrición apical, mayor firmeza y modificaciones favorables en azúcares, licopeno, vitamina C y otros componentes de calidad.

En **frutilla**, la evidencia también es particularmente estimulante. Los estudios muestran que el silicio puede favorecer el desarrollo de las plantas, fortalecer el sistema radical y, bajo determinadas condiciones, aumentar **rendimiento, tamaño de fruto, azúcares y vida poscosecha**. La respuesta observada en plantas jóvenes es especialmente interesante para sistemas de producción intensiva, donde una planta con mejor desarrollo inicial puede establecerse y producir con mayor capacidad.

En **pepino**, existe una de las líneas de evidencia más antiguas y consistentes sobre silicio en sistemas sin suelo, con resultados relacionados con rendimiento y resistencia frente a oídio.

En **pimiento**, las investigaciones muestran respuestas favorables sobre crecimiento, clorofila y metabolismo, y confirman además que existe un rango de concentración en el que el silicio expresa mejor su efecto.

Y en **melón**, la evidencia reciente demuestra que el silicio puede llegar hasta variables directamente comerciales como:

menor partidura + mayor rendimiento + más sólidos solubles + mayor acumulación de azúcares + mayor vitamina C.

En conjunto, estos resultados muestran algo importante:

EL SILICIO YA NO DEBE CONSIDERARSE SOLAMENTE COMO UN ELEMENTO COMPLEMENTARIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA.

La evidencia permite verlo como una herramienta capaz de contribuir simultáneamente a:

calidad de planta + funcionamiento radical + tolerancia al estrés + productividad + calidad del producto + vida comercial.

Y la hidroponía ofrece una ventaja adicional:

permite manejar la disponibilidad del silicio directamente en el entorno radical, precisamente donde comienza buena parte de la respuesta de la planta.

Por eso, para el productor hidropónico, el interés del silicio no está solamente en obtener una respuesta puntual.

Está en la posibilidad de **mejorar distintos componentes de una misma cadena productiva**.

RAÍZ → PLANTA → FRUTO → CALIDAD → POSCOSECHA

La evidencia disponible en lechuga, tomate, frutilla, pepino, pimiento y melón muestra que esta cadena puede generar respuestas reales y comercialmente relevantes.

Y aquí vuelve a cobrar especial importancia nuestra idea central:

NO SE TRATA DE APLICAR MÁS SILICIO.

SE TRATA DE UTILIZARLO DE MANERA MÁS EFICIENTE.

La hidroponía permite precisamente eso: controlar con gran precisión **la fuente, la concentración y la oportunidad de entrega del silicio**.

Por lo tanto:

EL SILICIO REPRESENTA UNA HERRAMIENTA CON UN POTENCIAL REAL PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y EL VALOR DE LOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS.

La evidencia ya existe.

Y finalmente:

¿CUÁNTO DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO ESTAMOS CONSIGUIENDO CONVERTIR EN CALIDAD Y RENTABILIDAD?

El potencial está en el sistema. La pregunta es cuánto estamos logrando convertir en valor.

BIBLIOGRAFÍA PRINCIPAL

1. Albalasmeh, A. A. et al. (2025)

Silicon extends the shelf life of hydroponically grown lettuce.

Scientific Reports, 15, 33302.

DOI: **10.1038/s41598-025-08489-y**

Estudio científico

2. Pang, Z. et al. (2025)

Single-pulse silicic acid immersion for extending the shelf life of lettuce.

LWT, 232, 118407.

DOI: **10.1016/j.lwt.2025.118407**

Estudio científico

3. Costan, A. et al. (2020)

Interactive effects of salinity and silicon application on *Solanum lycopersicum* growth, physiology and shelf-life of fruit produced hydroponically.

Journal of the Science of Food and Agriculture, 100, 732–743.

DOI: **10.1002/jsfa.10076**

Estudio científico

4. Silicon enhances the tolerance to moderate NaCl-salinity in tomato grown in a hydroponic recirculating system (2021)

Journal of Plant Nutrition, 45, 413–425.

DOI: **10.1080/01904167.2021.1963772**

Estudio científico

5. Sodium chloride and silicon affect yield and quality of tomato fruits (2023)

Agrociencia.

Estudio específico de tomate hidropónico bajo salinidad.

Estudio científico

6. Exogenous silicon application improves fruit yield and quality of drip-irrigated greenhouse tomato by regulating physiological characteristics and growth under combined drought and salt stress (2023)

Scientia Horticulturae, 321, 112352.

DOI: **10.1016/j.scienta.2023.112352**

Estudio científico

7. Exogenous silicon applied at appropriate concentrations is effective at improving tomato nutritional and flavor qualities (2024)

Food Chemistry: X, 22, 101306.

DOI: **10.1016/j.fochx.2024.101306**

Estudio científico

8. Effect of exogenous silicon treatments on cell wall metabolism and textural properties of tomato fruits (2024)

Scientia Horticulturae, 336, 113407.

DOI: **10.1016/j.scienta.2024.113407**

Estudio científico

9. Enhancing tomato tolerance to low phosphorus stress through exogenous nano-silicon application (2026)

Scientia Horticulturae.

Estudio en plántulas de tomate cultivadas hidropónicamente bajo estrés de bajo fósforo.

Estudio científico

10. Method of Silicon Application Affects Quality of Strawberry Daughter Plants during Cutting Propagation in Hydroponic Substrate System (2020)

Agronomy, 10, 1753.

DOI: **10.3390/agronomy10111753**

Estudio científico

11. Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status (2020)

Plant Physiology and Biochemistry, 152, 23–31.

DOI: **10.1016/j.plaphy.2020.04.026**

Estudio científico

12. Silicon partitioning and accumulation in agronomic biofortification of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) cv. Sabrosa grown in soilless system (2025)

Scientia Horticulturae, 350, 114322.

DOI: **10.1016/j.scienta.2025.114322**

Estudio científico

13. Liang, Y. C., Sun, W. C., Si, J. & Römheld, V. (2005)

Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*.

Plant Pathology, 54, 678–685.

DOI: **10.1111/j.1365-3059.2005.01246.x**

Estudio científico

14. Trejo-Téllez, L. I. et al. (2020)

Silicon induces hormetic dose-response effects on growth and concentrations of chlorophylls, amino acids and sugars in pepper plants during the early developmental stage.

PeerJ, 8, e9224.

DOI: **10.7717/peerj.9224**

Estudio científico

15. Chapter 6: Silicon in horticultural crops grown in soilless culture (2001)

Studies in Plant Science, 8, 115–131.

DOI: **10.1016/S0928-3420(01)80010-0**

Referencia fundamental para la historia de la investigación del Si en hidroponía.

Referencia científica

16. Silicon as a Vegetable Crops Modulator—A Review (2019)

Revisión amplia de evidencia sobre silicio en cultivos hortícolas.

Revisión científica

17. SiO_2 and ZnO nanoparticles and salinity stress responses in hydroponic lettuce (2025)

Estudio específico de interacción entre SiO_2, salinidad y calidad nutracéutica en lechuga hidropónica.

Estudio científico

18. Biostimulatory effects of silicon on vegetable crop growth, productivity, and stress resilience (2026)

Revisión reciente sobre Si en hortalizas, incluyendo sistemas intensivos y respuestas frente a estrés.

Revisión científica