

Artículo Técnico

Heladas por radiación: Del frío extremo al estrés térmico diurno

Las heladas por radiación en el trópico alto colombiano son episodios en los que la temperatura del aire cercano al dosel del cultivo desciende hasta 0 °C o menos debido al intenso enfriamiento nocturno del suelo y la vegetación, sin intervención de masas de aire polar (a diferencia de las heladas por advección). Tras la puesta del sol, la superficie pierde calor por radiación infrarroja hacia una atmósfera despejada; cuando la noche presenta cielos limpios, viento en calma y humedad relativamente baja, ese calor no es retenido ni redistribuido, lo que favorece la formación de una inversión térmica donde el aire más frío se acumula junto al suelo y reduce con rapidez la temperatura en el estrato del cultivo, alcanzando niveles críticos para los tejidos vegetales. Aunque meteorológicamente la helada se define cuando la temperatura a 1,5 – 2m baja de 0 °C, en términos agrológicos el daño puede iniciar ya entre 0 y los 4 – 6 °C, según la sensibilidad del cultivo. En el caso colombiano, este mecanismo radiactivo explica que las heladas ocurran casi exclusivamente en los altiplanos fríos andinos entre ~2500 y 3000 m s. n. m., donde la topografía plana facilita el estancamiento del aire frío.

Las heladas en los altiplanos colombianos suelen tener un doble efecto de estrés térmico sobre los cultivos: por un lado, el frío extremo de la madrugada provoca deshidratación celular, formación de hielo intracelular o intercelular y necrosis de tejidos jóvenes; por otro lado, tras el amanecer, cuando el cielo sigue despejado, se genera rápidamente un ambiente de alta radiación solar con aire más seco y temperaturas que suben con rapidez, lo que obliga a tejidos ya dañados por el frío a enfrentar un fuerte estrés térmico y fotooxidativo durante el día. Esta sucesión de frío intenso seguido de calentamiento acelerado reduce la capacidad de recuperación de la membrana y del sistema fotosintético, incrementa la transpiración de hojas dañadas y puede agravar el marchitamiento y la pérdida de área foliar funcional en cultivos como flores de corte, papa, hortalizas y pasturas de clima frío, tal como describen estudios agroclimáticos andinos y evaluaciones fisiológicas de daño por heladas en el Altiplano Cundiboyacense y otras zonas de montaña tropical.

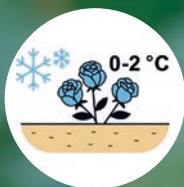
Por: Elías Alexander Silva
Gerente técnico
Disan Agro



Tu cultivo no se detiene:

Transforma el estrés climático
en oportunidad productiva para
este San Valentín

Biotecnología que protege,
estabiliza y reactiva.



Frio extremo

Deshidratación
celular y necrosis.



Calentamiento acelerado

Estrés térmico y
fotooxidativo.



Impacto doble

Marchitamiento y
daño por congelación.

Soluciones para enfrentar el doble
efecto de estrés por heladas.



BIOESTIMULACIÓN PREMIUM

Contáctanos hoy por WhatsApp



Cundinamarca: +57 316 0257950 / +57 316 8320996, Antioquia +57 316 3052280

www.disanagro.com

Doble efecto de estrés por heladas en cultivos de clima frío

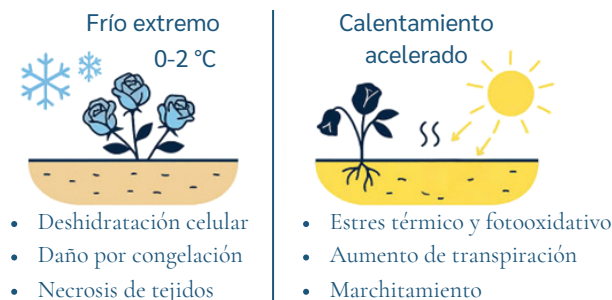


Figura 1. Doble efecto de las heladas

1. Mecanismos fisiológicos de los aminoácidos durante el estrés por frío y el estrés térmico/hídrico posterior

Los aminoácidos cumplen múltiples funciones protectoras en estrés abiótico. Revisiones recientes subrayan que moléculas como prolina, cisteína, glicina, arginina y los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) operan como osmolitos compatibles, estabilizadores de proteínas y membranas, reguladores redox y precursores de señales metabólicas. Durante el estrés por frío, la acumulación de aminoácidos —en particular prolina— contribuye a mantener el potencial hídrico celular, evitar la pérdida de turgencia y reducir la formación de hielo intracelular. Tras la helada, cuando la radiación aumenta abruptamente, estos compuestos atenúan el impacto del desbalance fotosintético y la sobreproducción de ROS, facilitando la integridad del fotosistema II, reparación de membranas y reactivación metabólica diurna. Adicionalmente, se ha demostrado que los BCAA y la lisina pueden actuar como fuentes alternativas de energía, sosteniendo la respiración mitocondrial en periodos donde la fotosíntesis se ve comprometida por daños de frío o estrés lumínico.

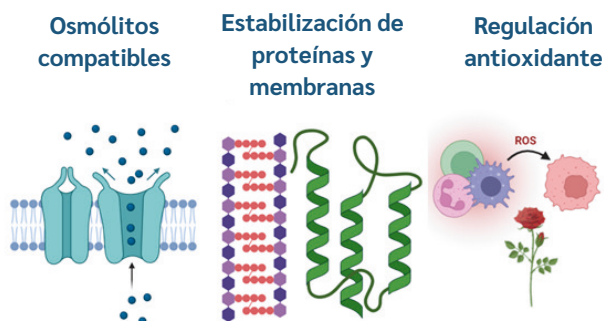


Figura 2. Algunas de las funciones de los aminoácidos en condiciones de estrés abiótico

Además, estudios recientes confirman que la aplicación exógena de aminoácidos (prolina, glicina, arginina, GABA) incrementa la actividad de enzimas antioxidantes, reduce la peroxidación lipídica y mejora la estabilidad de cloroplastos bajo frío y calor. Estos efectos permiten que las plantas mantengan una relación más equilibrada entre ROS producidas y ROS eliminadas, lo cual es crítico luego de una madrugada helada que compromete la integridad de membranas y deja al tejido altamente susceptible al estrés térmico e hídrico del mediodía. De igual modo, los aminoácidos elevan la disponibilidad de nitrógeno reducible, mejoran la síntesis de osmoprotectores y facilitan el mantenimiento de la fotosíntesis cuando se generan desequilibrios metabólicos por la oscilación térmica extrema.

2. Mecanismos de las algas marinas en la mitigación del daño por heladas y el estrés múltiple asociado

Los extractos de algas marinas contienen una combinación de polisacáridos (laminarina, fucanos, ulvan, carragenanos), polifenoles, aminoácidos libres, fitohormonas (auxinas, citoquininas, ABA, jasmonatos), esteroides, péptidos y antioxidantes, cuya acción conjunta produce efectos emergentes sobre la tolerancia al frío. Durante eventos de helada, estos extractos activan rutas de aclimatación al frío, incluida la inducción de proteínas LEA, proteínas de choque térmico (HSPs) y sistemas antioxidantes. Esto favorece la estabilidad de membranas, reduce el daño por cristalización y soporta la recuperación matutina cuando la radiación solar reaparece sobre tejido previamente afectado.

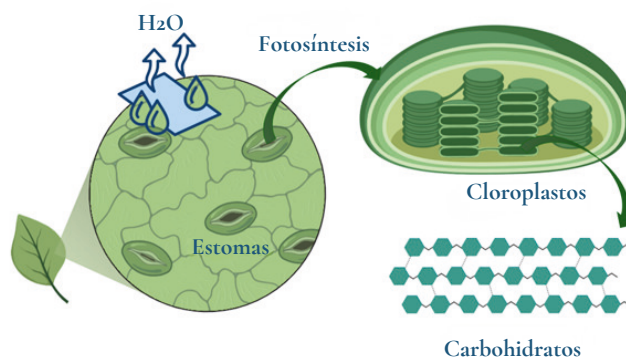


Figura 3. Las algas marinas reducen la pérdida de agua y mejoran la fotosíntesis en condiciones de estrés hídrico

Así mismo, los extractos de macroalgas fortalecen el control estomático mediado por ABA, favoreciendo un cierre eficiente al amanecer que reduce la pérdida de agua en tejidos dañados por el hielo. Estudios en diversas especies muestran que estos extractos mantienen la fotosíntesis, reducen la tasa de marchitamiento y mejoran la retención de agua, todo lo cual es esencial para sobrevi-

vir la fase posterior a la helada donde la evaporación del agua del suelo aumenta rápidamente. También se observan mejoras en la integridad de membranas, la actividad enzimática antioxidante (SOD, APX, GPX) y la acumulación de osmolitos, lo que disminuye la aparición de necrosis y facilita la recuperación funcional durante el día.

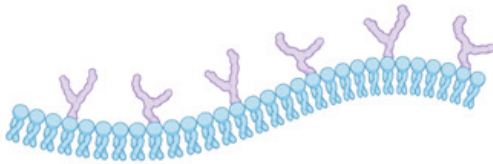
3. Integración de efectos: protección frente al doble estrés “frío extremo – radiación/temperatura diurna”

La combinación de helada en la madrugada seguida de radiación e incremento térmico durante el día

genera un patrón de daño donde las células pasan de un estado de congelación a un estado de sobrecalentamiento oxidativo en pocas horas. Los aminoácidos exógenos y las algas marinas convergen en mecanismos clave:

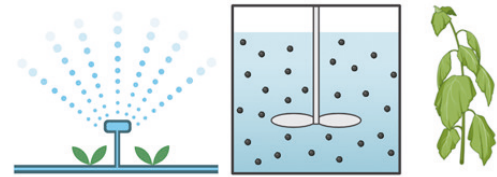
Estos mecanismos, actuando de manera simultánea, explican por qué la aplicación de biostimulantes basados en algas y aminoácidos reduce el daño foliar, mejora la recuperación y aumenta la probabilidad de que los cultivos soporten ciclos repetidos de heladas en regiones como los altiplanos de Colombia.

Estabilidad de membranas



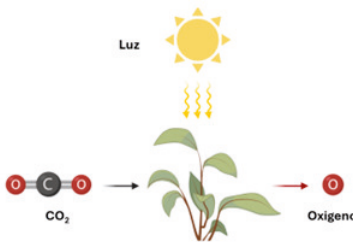
Prolina, cisteína y BCAA protegen la bicapa lipídica; polisacáridos sulfatados de algas mejoran rigidez y reducen fugas de electrolitos.

Regulación hídrica y osmótica



Aminoácidos como prolina y glicina-betaína aumentan el potencial osmótico; alginatos y ulvan favorecen la retención de agua y reducen el marchitamiento poshelada.

Protección fotosintética



- Aminoácidos sostienen la respiración mitocondrial cuando el aparato fotosintético está dañado.
- Extractos algales estimulan pigmentos protectores, antioxidantes y mantienen la eficiencia del PSII.

Reducción de ROS y reconstrucción metabólica



Ambos productos incrementan la expresión de antioxidantes y moléculas reductoras, evitando la explosión oxidativa típica tras una helada.

Modulación hormonal fina (ABA, auxinas, jasmonatos)



Las algas marinas ajustan la apertura estomática y el crecimiento post-estrés; los aminoácidos apoyan la síntesis de señales peptídicas que mejoran la resiliencia.

Fylloton y Alga-ton: bioestimulación superior en escenarios de oscilación térmica extrema

Disan Agro trae al sector floricultor, *Fylloton* y *Alga-ton* de Biolchim, herramientas estratégicas para potencializar el crecimiento vegetal y asegurar el cumplimiento de los objetivos productivos de la temporada de San Valentín, incluso bajo escenarios de estrés por frío, calor y déficit hídrico.

Fylloton, producido por procesos enzimáticos que gracias a su combinación de diversos L-aminoácidos vegetales en alta concentración, extracto de *Ascophyllum nodosum*, betaina, manitol y prolina, fortalece la fisiología de la planta al activar rutas de síntesis proteica, mejorar la eficiencia energética y proteger las membranas frente a daños por heladas, golpes de calor o deshidratación, asegurando continuidad en el crecimiento y recuperación acelerada en condiciones de estrés.

Alga-ton aporta algas marinas con extractos bioactivos ricos en fitohormonas, vitaminas, mucílagos y aminoácidos que optimizan la división y expansión celular, favorecen una mayor absorción de nutrientes y confieren una sólida respuesta antiestrés, clave para mantener calidad floral, elongación de tallos y uniformidad del cultivo bajo variabilidad climática.

Con estos biostimulantes, Disan Agro ofrece a los floricultores un soporte fisiológico robusto que permite reducir pérdidas, estabilizar el rendimiento y garantizar flores de alta calidad en una de las ventanas comerciales más exigentes del año.

Bibliografía:

- Comunidad Andina – PREDECAN. (2007). Cuando hiela (Atlas de Amenazas Naturales Andinas, cap. 4). Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Gómez-Latorre, D. A., Araujo-Carrillo, G. A., Martínez Maldonado, F. E., Rodríguez Roa, A. O., Estupiñán C., J. M., & Deantonio F., L. Y. (2021).



Diana Mendoza
Representante Técnico de
Ventas Flores
Cel: 3168320996



Juan Carlos López
Representante
Técnico de Ventas Flores
Cel: 3160257950 -
3168320996



Carolina Rodríguez
IATV Flores – DISAN Agro
- Best Protect
Cel: 311 2506129



María José Vergara.
RTV Antioquia Línea Best
Protect.
Cel: 312 5769088



Olga Agudelo.
RTV Antioquia
DISAN Agro.
Cel: 316 3052280

Para más detalle del perfil del portafolio BEST PROTECT, por favor contacte a nuestro equipo en la zona

- Análisis de eventos climáticos extremos asociados a excesos de lluvia y heladas meteorológicas en el Altiplano Cundiboyacense de Colombia. Revista de Climatología, 21, 112–126.
- FAO. (2005). El daño producido por las heladas. En: Bajas temperaturas y agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ingrisano, R., Tosato, E., Trost, P., Gurrieri, L., & Sparla, F. (2023). Proline, Cysteine and Branched-Chain Amino Acids in Abiotic Stress Response of Land Plants and Microalgae. Plants, 12, 3410.
- Romanenko, K. O., Babenko, L. M., & Kosakivska, I. V. (2024). Amino acids in regulation of abiotic stress tolerance in cereal crops: a review. Cereal Research Communications, 52, 333–356.
- Elumalai, S., Alagarwamy, S., Janaki, P., Kuppusamy, S., Geethanjali, S., & Parasuraman, B. (2025). Exploring Seaweed Potential to Enhance Abiotic Stress Tolerance

of Crops. Russian Journal of Plant Physiology, 72, 86.

- Deolu-Ajayi, A. O., van der Meer, I. M., van der Werf, A., & Karlova, R. (2022). The power of seaweeds as plant biostimulants to boost crop production under abiotic stress. Plant, Cell & Environment, 45, 2537–2553.

