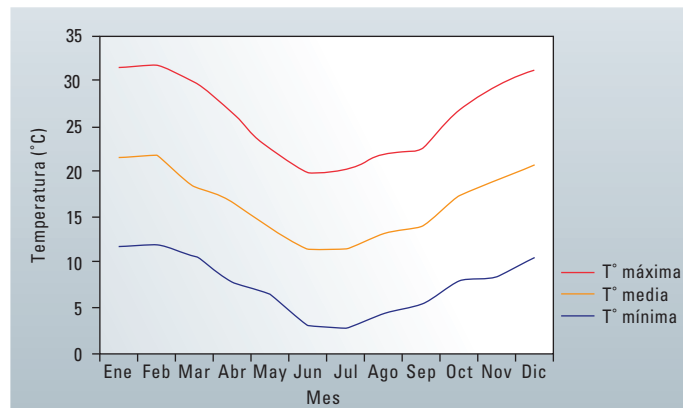


**Figura 2.** Temperatura máxima, media y mínima del aire. Promedios mensuales 1999-2002 en la localidad La Isla, comuna Combarbalá, representativa de zonas interiores de la Región de Coquimbo. Fuente: INIA Intihuasi, proyecto PROVALTT Limarí 1998-2002.



niente de pozo, un requisito imprescindible para este tipo de productos de mínimo proceso.

En las áreas interiores de la Región se encuentra un clima de inviernos fríos por las noches y suaves durante el día; de baja humedad relativa (45 a 60%) y con temperaturas máximas y mínimas más extremas, aumentando la oscilación térmica diaria (15 a 20°C, ver figura 2).

El pimiento tiene exigencias mayores de temperatura. Su desarrollo óptimo se logra con registros diurnos de 20 a 25°C y valores nocturnos de 16 a 18°C. Por debajo de los 15°C su desarrollo se ve afectado, y deja de crecer a partir de los 10°C. Las heladas destruyen la parte aérea de la planta. A lo anterior se suma que el proceso de secado generalmente se realiza exponiendo el producto al sol, por lo que se requiere de altas temperaturas, baja humedad ambiental y ausencia de precipitaciones. Ésta es la condición de los valles interiores, principalmente de las provincias de Limarí y Choapa, donde se genera la mayor parte del pimiento para procesamiento en la Región.

El costo del secado al sol equivale al 60% del costo por secado en hornos. Se agrega a ello que el período de cultivo en la Región de Coquimbo es más

largo que en la zona central y, por tanto, se obtienen potenciales de rendimiento superiores en un 20 a 25%. En el caso de los ajíes mexicanos Ancho y Huaquillo, por ejemplo, el período más largo de cultivo posibilita 6,0 a 7,5 toneladas de producto seco/ha; además, debido a la alta radiación solar, la maduración se verifica con muy buenas temperaturas y se logra un color más intenso (ODEPA, 2007).

Si bien las condiciones agroclimáticas constituyen una base favorable para la producción industrial de alcachofa, lechuga, pimiento y otras posibles alternativas (zanahoria, betarraga, papa, etc.), hay que considerar que en los últimos años los vaivenes de la economía mundial (crisis energética, depreciación del dólar, alza de insumos) junto a la fuerte competencia de otros países como Perú, China y Turquía, han repercutido negativamente en la sostenibilidad de algunas industrias hortícolas de la región y del país, estando a la espera de un cambio en la situación que las reimpulse. De ser favorable el futuro escenario económico, la rentabilidad del negocio industrial dependerá en medida importante de la producción de materia prima de óptima calidad y con altos rendimientos agronómicos. **Ta**

## TOMATE:

# EL MANEJO DE LA SALINIDAD CAMBIA LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

Un proyecto en ejecución busca determinar el efecto del manejo agronómico de la salinidad sobre la productividad y propiedades saludables del tomate de consumo fresco, para obtener fruta con mejor calidad.

La salinidad del suelo es uno de los factores abióticos más severos que limitan la productividad de los cultivos. De acuerdo a FAO (2010), en torno al 6% de la superficie mundial presenta salinidad o altos contenidos de sodio. Muchos de estos terrenos no son cultivados, pero una parte de los que sí lo son están afectados por la salinidad. De 230 millones de hectáreas (ha) bajo condiciones de riego, 45 millones sufren el problema (19,5%), y de 1.500 millones de ha bajo agricultura de secano, 32 millones presentan salinidad en sus diferentes grados (2,1%).

La salinidad inhibe el crecimiento y productividad de la planta por dos razones, principalmente. En primer lugar, la presencia de sales en la solución-suelo reduce la capacidad de la planta para absorber agua, lo que conlleva disminuciones de las tasas de crecimiento. Este efecto se vincula al componente osmótico producido por las sales disueltas en la solución del suelo. En segundo término, hay un

**Juan Pablo Martínez C.**

*ljpmartinez@inia.cl*

**Alejandro Antúnez B.**

**Ricardo Pertuzé C.**

**Héctor Araya L.**

*INIA La Cruz, INIA La Platina, U. de Chile, U. de Valparaíso, CREAS*

daño producido por la toxicidad específica de la sal o el exceso del ión. El daño se produce por grandes cantidades de sales que entran a la planta vía corriente transpiratoria, las cuales son transportadas hacia las hojas, produciendo una quemazón marginal de ellas e incluso fuertes bajas de crecimiento y productividad de las plantas.

Sin embargo, ocurre que muchos de los productos saludables que producen las plantas pertenecen a su sistema de defensa precisamente contra problemas como la salinidad. Diferentes estudios señalan que la salinidad influye sobre los atributos del tomate. Una evaluación ha demostrado que el cloruro de sodio (NaCl, o sea la sal) reduce la acidez titulable ade-



Racimo de tomate cherry.

más de los contenidos de potasio y nitrógeno en los frutos, mientras que aumenta los contenidos de sodio. La misma evaluación concluyó que el NaCl aumenta el dulzor, mejorando sobre todo la intensidad del sabor e incrementando la capacidad antioxidante.

En diversos ensayos con estrés salino se ha observado que aumenta la calidad inherente del

tomate, vale decir los componentes que contribuyen a su sabor y valor nutricional. Incrementos de la conductividad eléctrica provocadas por la adición de NaCl a una solución nutritiva, conducen a altos contenidos en licopeno, betacaroteno y vitamina C.

Por lo tanto, la aplicación de estreses controlados a las plantas puede probablemente incre-



Plántulas de tomate cherry.

Se ha demostrado que la aplicación de un estrés moderado a plantas de tomate aumenta el contenido de licopeno y otros antioxidantes en el fruto.

mentar la concentración de componentes deseables. La incorporación de un manejo de la salinidad definiendo sus niveles podría ser un efectivo método para aumentar la calidad del tomate.

### Transformar un problema en una ventaja

Teniendo estos antecedentes, INIA La Cruz, la Universidad de Valparaíso, la Universidad de Chile y el Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables (CREAS) están ejecutando un proyecto de investigación FONDECYT para determinar el efecto del manejo agronómico de la salinidad sobre la productividad y propiedades saludables del tomate para consumo fresco, de manera de obtener fruta con mejor calidad con respecto a sabor, textura, firmeza, contenidos y capacidad antioxidante.

Se ha demostrado que la aplicación de un estrés moderado en plantas de tomate aumenta el contenido de licopeno y otros antioxidantes en el fruto, con respuestas específicas desde un rango de 30 a 85% de incremento en comparación con las plantas no estresadas.

Pero, como se señaló, la salinidad es un problema para los vegetales. Los cultivos de tomate en esa condición sufren daño a largo plazo, relacionado fundamentalmente con una excesiva acumulación de sodio (Na) y cloro (Cl) en las hojas. Se ha obser-

### CALIDAD DEL TOMATE PARA EL CONSUMIDOR

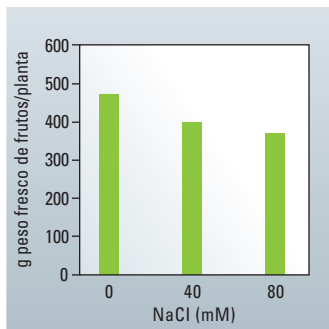
En la actualidad, el consumidor es cada vez más consciente de su necesidad de consumir alimentos que sean un aporte en aspectos como la prevención y protección contra enfermedades crónicas y disfunciones, lo que se denomina alimentos funcionales.

El tomate no sólo aporta vitaminas y minerales, sino también compuestos antioxidantes, como carotenos y fenoles, siendo el licopeno uno de los compuestos más importantes. Las capacidades antioxidantes de los carotenos son probablemente el mecanismo por el cual los tomates previenen algunas enfermedades relacionadas con la producción de especies de oxígeno reactivo y reducen el riesgo de ciertos tipos de cáncer, como el de la próstata. Además el tomate posee compuestos fenólicos que contribuyen al valor nutricional y mejoran los atributos de calidad sensorial. Una información más completa sobre estas y otras favorables características se encuentra en Tierra Adentro 88.

Existe la convicción de que una dieta rica naturalmente en compuestos bioactivos es más efectiva que el consumo de sustancias simples, debido a las interacciones sinérgicas. Por lo tanto, el consumo de tomates naturales y procesados, de muy fácil inclusión en la dieta diaria, resulta más beneficioso para la salud que el consumo de sólo licopeno, betacaroteno, fenoles o vitamina C.



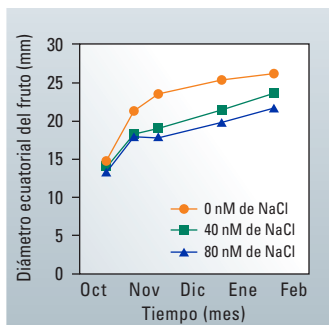
**Figura 1.** Rendimiento promedio en gramos de peso fresco (PF) de racimos por planta de tomate cherry bajo condiciones de estrés salino al término del periodo experimental.



mM: milimolar = milimoles/litro (medida de concentración de un elemento disuelto en una solución). La columna marcada con 0 mM es el testigo de comparación.

NaCl: cloruro de sodio (sal)

**Figura 2.** Evolución del diámetro ecuatorial (mm) de frutos del primer racimo en tomate cherry bajo condiciones de estrés salino, al término del periodo experimental.



mM: milimolar = milimoles/litro (medida de concentración de un elemento disuelto en una solución). La columna marcada con 0 mM es el testigo de comparación.

NaCl: cloruro de sodio (sal)

vado una estrecha correlación entre el incremento del contenido de Na en las hojas y la reducción del rendimiento. El efecto osmótico y el efecto iónico de la salinidad también afectan directamente el crecimiento, produc-

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Proyecto FONDECYT N° 1090405 por financiar investigación básica en tomate y al CREAS por su apoyo en la postulación del proyecto.



Se están evaluando sistemas de control de la salinidad y la regulación del grado de estrés para generar herramientas agronómicas efectivas.

tividad y calidad de la fruta en tomate.

La figura 1 muestra el impacto de la salinidad sobre el rendimiento de tomate cherry en mediciones hechas por el proyecto FONDECYT en cultivo hidropónico.

Por otra parte, la figura 2 muestra resultados preliminares en los que, bajo condiciones de salinidad (alta conductividad eléctrica), el tamaño del fruto se reduce.

Sin embargo, la disminución del tamaño del fruto va acompañada de un incremento del porcentaje de materia seca con respecto al peso fresco, lo que significa una mayor calidad porque los frutos tienen un menor contenido de agua y un incremento en los sólidos solubles. Así, el manejo de la salinidad permite a los agricultores mejorar la calidad de la fruta. La pérdida del rendimiento, expresado en kilos por planta, debe ser compensada por el aumento del precio gracias al mejoramiento

## Factores de manejo

En general, la tasa de reducción de rendimiento varía con las interacciones de los cultivares, factores ambientales, composición de la solución nutritiva, y manejo del cultivo. El control de estos factores es lo que está estudiando el proyecto en dos genotipos, para entregar resultados aplicables a nivel del agricultor. Actualmente se aplica un programa computacional que determinará la concentración salina adecuada para obtener una buena productividad con frutos de calidad.

En tomate, la elección de genotipos con un buen sabor y un alto contenido y capacidad antioxidantes debería ser un propósito para programas de mejoramiento a largo plazo con el objetivo de obtener variedades con atributos sensoriales favorables y características beneficiosas y saludables para la salud.

Adicionalmente se están evaluando sistemas de control de la salinidad y la regulación del grado de estrés para generar herramientas agronómicas efectivas que permitan llevar esta práctica a producción comercial, bajo un sistema hidropónico

La idea es, primero, proporcionar al agricultor una tecnología apropiada del manejo de la salinidad en sistema hidropónico, y en segundo término ampliar la posibilidad de cultivo a zonas costeras donde se encuentran pozos de riego salinizados por la influencia del mar.

Finalmente, en condiciones de salinidad en un sistema de recirculación hidropónico, se ha verificado un incremento de la eficiencia en la utilización del agua y la posibilidad de utilización de aguas de menor calidad. El estrés salino disminuye productividad, pero aumenta calidad del fruto en lo sensorial (dulzor) y en lo saludable (mayor contenido de antioxidantes). **ta**

**La pérdida del rendimiento, expresada en kilos por planta, debe ser compensada por el aumento del precio gracias al mejoramiento de los caracteres sensoriales y saludables, como el sabor, el color y contenidos de antioxidantes.**

de los caracteres sensoriales (sabor y color), condición interesante para el productor. Ya el tomate cherry tiene un peso alto en supermercado en relación a otras variedades de tomate, 250 gramos llegan a costar entre 1.000 y 2.000 pesos, dependiendo la época.