

# Manejo de variables climáticas bajo invernaderos en la precordillera andina



**Rodrigo Sepúlveda M.**  
Ingeniero Agrónomo, Lic. en Agronomía, M.Sc.  
Apoyo de Investigación  
INIA Ururi



**William Potter P.**  
Ingeniero Agrónomo, Lic. en Agronomía  
Encargado Oficina Técnica  
INIA Ururi



**Marjorie Allende C.**  
Ingeniero Agrónomo, Lic. en Agronomía  
Extensionista  
INIA Ururi



**Utilizar invernaderos para el control de parámetros climáticos en la precordillera andina es considerada la mejor alternativa para diversificar la producción agrícola de pequeños agricultores y agricultoras. Además, permite el uso eficiente de los recursos naturales, acorta ciclos productivos y mejora la rentabilidad en la comercialización de sus productos.**

Si la comparamos con el resto del país, la región de Arica y Parinacota muestra características climáticas específicas, dadas por su inserción en la zona intertropical sudamericana. Una de ellas es la presencia en la zona del altiplano de un régimen climático de influencias tropicales con predominio de lluvias, ocasionado por masas de aire provenientes del nororiente e influenciadas por el efecto de borde del Invierno Altiplánico (CIREN, 2013). En la zona precordillerana, si bien este efecto es menos marcado, igualmente registra influencia de lluvias en períodos estivales y un clima caracterizado por efectos propios de la altura por sobre los 2.000 msnm, con temperaturas mínimas promedio de 3 a 4 °C, temperaturas máximas promedio de 15 a 19 °C y humedad relativa ambiental que bordea el 27 % promedio en meses no influenciados por lluvias de invierno altiplánico (abril a noviembre).

Muchas de estas condiciones en la zona precordillerana de la comuna de Putre son consideradas adversas para el desarrollo de una amplia gama de cultivos, lo que limita la diversificación agrícola de estas localidades, de no ser por

la implementación de tecnologías asociadas al manejo del clima. En este sentido, el uso de invernaderos para el control de parámetros climáticos como temperatura y humedad ambiental, es considerado la mejor alternativa para diversificar la producción agraria.

INIA, a través del Centro Regional de Investigación INIA Intihuasi y su Oficina Técnica INIA Ururi, ejecuta el programa Promoción Integral de Riego y Desarrollo para Personas Indígenas, Comunidades y/o Parte de Comunidades Indígenas de la región de Arica y Parinacota, financiado por medio de un convenio con la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena de la región, iniciado en el año 2018 con una duración anual que ha sido renovada hasta la fecha. Mediante dicho acuerdo se han desarrollado unidades demostrativas, para extender el uso de tecnologías asociadas a invernaderos en la cordillera y precordillera de la comuna de Putre, específicamente en las localidades de Parinacota, Putre y Lupica. Estas unidades fueron diseñadas pensando en las características propias del territorio. Aspectos como topografía y presencia de ráfagas de viento por sobre los 50 km/h se combinaron para que estas unidades no tuvieran

grandes dimensiones, que pudieran impedir su desarrollo en zonas de terrazas o pequeñas superficies planas. Con 192 mt<sup>2</sup>, los invernaderos han permitido a pequeños agricultores y agricultoras ampliar la gama productiva y hacer más eficiente el uso del recurso hídrico, además de acortar ciclos y permitir la producción de hortalizas, frutales y/o flores de mejor calidad, asociada a una mayor rentabilidad en la comercialización de sus productos.

El ambiente protegido de los invernaderos de 8 x 24 metros se logra mediante una estructura de fierro galvanizado de techo curvo, cubierta con plástico *solaring shiny* que resiste vientos por sobre los 90 km/h. En la parte lateral cuenta con capas móviles de plástico ligadas a una malla antiáfidos, que permite mantener la exclusión de plagas al momento de ventilar. Esta estructura va generando, junto al cultivo, un agroecosistema invernadero en el que inciden numerosas variables que modifican el microclima, especialmente, temperatura y humedad.

El uso de invernadero como sistema productivo en localidades de precordillera, si bien permite mejorar temperaturas mínimas para lograr el desarrollo de cultivos que al

Registro de temperaturas interior y exterior de invernadero (2021)  
Localidad de Lupica (3.341 msnm)

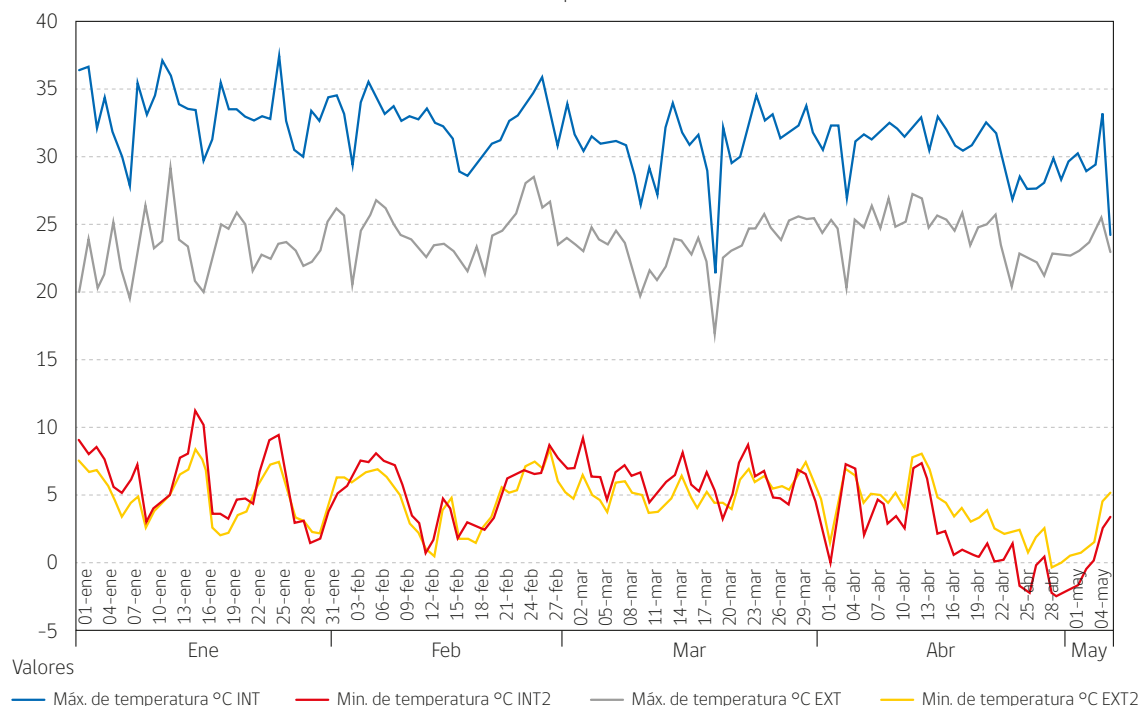


Gráfico 1. Monitoreo de temperaturas al interior de invernadero ubicado en la localidad de Lupica (3.341 msnm) versus temperaturas al aire libre.



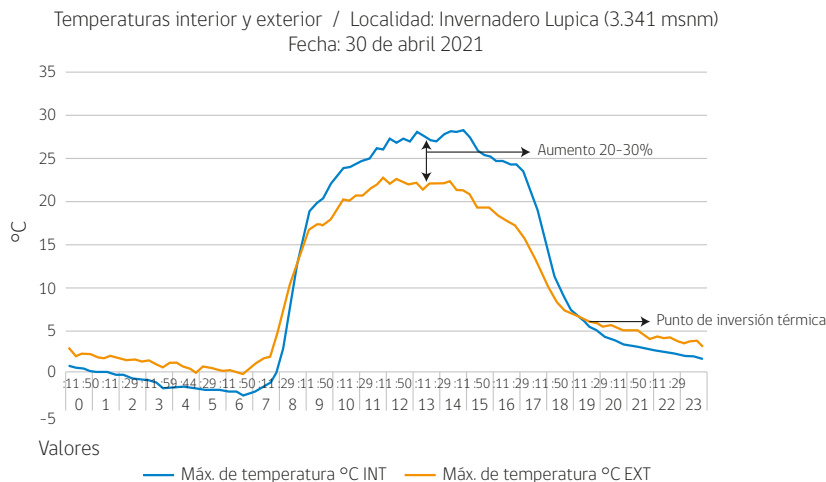
Figura 1. Monitoreo de temperatura y humedad relativa mediante data logger instalado al interior de invernadero, localidad de Lupica.

aire libre no serían posible, incide en otras variables como temperaturas máximas o humedad relativa, que de no ser adecuadamente manejadas, pueden llegar a ser perjudiciales para la producción. Debido a esto, el monitoreo continuo de los parámetros, especialmente temperatura (Gráfico 1) y humedad ambiental, son importantes para el éxito del cultivo, permitiendo tomar decisiones de manejo oportunas (Figura 1).

La mayoría de los invernaderos de las localidades de precordillera son del tipo pasivo, es decir, no cuentan con calefacción. Por ello, es relevante mantener el calor que se capta durante el día de forma mecánica y evitar caídas bruscas de temperaturas nocturnas, lo que se ha logrado por medio del manejo de cortinas laterales (malla antiáfidos y plástico) que al ser bajadas evitan escape de calor y al ser elevadas contribuyen a la ventilación en las horas más calurosas.

Las temperaturas registradas durante el día dentro del invernadero pueden aumentar entre un 20 a 30 % con respecto al exterior. Este aumento de calor se produce por la radiación y el material que lo cubre. Sin embargo, cuando las temperaturas del exterior descienden a las horas de mayor frío, se genera un intercambio de calor desde el interior del invernadero hacia el exterior y, en ocasiones, puede provocar un fenómeno denominado inversión térmica, que se traduce en la disminución de temperatura dentro del invernadero por debajo de la temperatura exterior, como se observa en el siguiente gráfico (Gráfico 2).

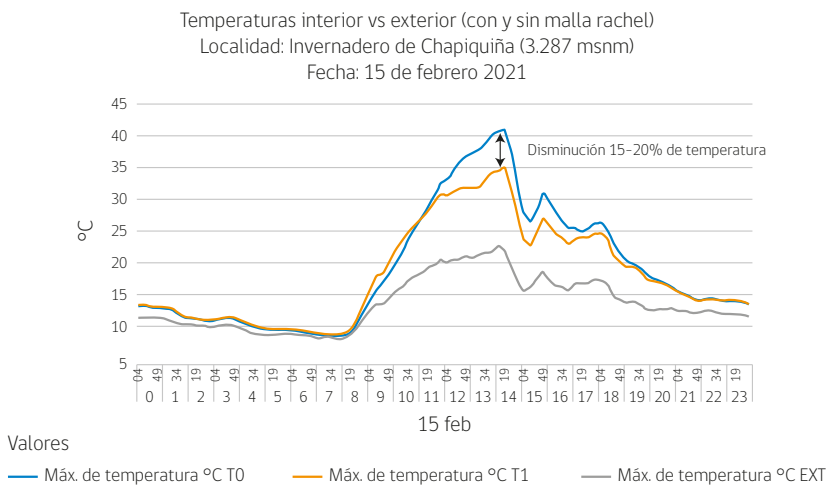
Para evitar la inversión térmica, es importante mantener un monitoreo de los parámetros de clima tanto al interior como al exterior del sistema, de tal forma de conocer la oscilación térmica del día y determinar el momento oportuno del cierre de los laterales para mantener la



➤ **Gráfico 2.** Invernadero mixto, localidad de Lupica (3.341 msnm). Temperatura exterior vs interior (30 de abril 2021).



➤ **Figura 2.** Invernadero, localidad de Lupica (3.341 msnm); detalle de cortinas laterales plástico y malla antiáfidos.



➤ **Gráfico 3.** Temperaturas invernadero (Chapiquiña 3.287 msnm) con malla azul (T1), sin malla (T0) versus exterior.

temperatura captada durante el día **(FIGURA 2)**.

Como se mencionó anteriormente, el registro de temperaturas máximas al interior del invernadero en periodos de verano puede superar temperaturas óptimas de crecimiento del cultivo (25 °C) de no ser controladas, pudiendo exceder los 40 °C (60 % en relación al exterior). En este caso, es importante realizar manejos para disminuir la temperatura y evitar el estrés del cultivo. Una opción es el uso de pantallas térmicas o mallas de colores que permiten aminorar la temperatura interior entre un 15 a 20 %. Actualmente, existe una amplia gama de colores en el mercado, de acuerdo al objetivo productivo del cultivo **(GRÁFICO 3)**.

Otro factor que influye directamente en el desarrollo del cultivo al interior del invernadero es la humedad relativa, que limita el desarrollo cuando llega a valores extremos. Por ejemplo, la humedad relativa alta al interior del invernadero, cercana al punto de saturación, generalmente trae consigo problemas fitosanitarios como enfermedades fúngicas. Por el contrario, con una humedad relativa baja, como es el caso de precordillera, la tasa de transpiración de la planta es más alta, así si el aire es demasiado seco la planta comenzará a marchitarse, debido al mecanismo de cierre estomático, traduciéndose en menor actividad fotosintética y, finalmente, menor crecimiento. En este caso, mantener la temperatura del aire lo más uniforme posible, ajustar tasas de riego con base en el ambiente del invernadero y el clima, además del uso de humidificadores de ser necesario, contribuyen a mantener una adecuada humedad interior.

### Acumulación de días grados al interior de invernaderos en la precordillera andina

La precordillera presenta gran diversidad de "micro climas" o distritos agroclimáticos derivados de la

combinación de factores como altitud, latitud, geomorfología, exposición norte, disposición de la microcuenca, entre otros. Independiente de esto, es un hecho que en términos generales la temperatura determina la distribución geográfica de las especies, el desarrollo de los cultivos y su rendimiento. En este sentido, para lograr el desarrollo en precordillera de aquellos cultivos que requieren mejores condiciones en cuanto a temperatura (20 °C) es necesaria la modificación del clima, especialmente para la acumulación de días grados (DGr), siendo los invernaderos la tecnología planteada para tales efectos. Se debe mencionar que los Días Grados corresponden a la diferencia de la temperatura media diaria, por sobre un umbral o base (10 °C); y los Días Grados Acumulados (DGA) es la suma de los días grados en un período, lo que permite acumular el

calor requerido para que los diferentes cultivos puedan desarrollar sus fases fenológicas y llegar a ser productivos (**CUADRO 1**).

Respecto de la acumulación de días grados que presenta la zona precordillerana andina, el **CUADRO 2** muestra la acumulación del período 2020 en condiciones bajo invernadero y fuera de él.

El análisis de la acumulación de días grado (DGA) en distintos periodos para la precordillera de la región de Arica y Parinacota, brinda importantes conclusiones sobre el desarrollo de los cultivos en este territorio. Así, se puede afirmar que en condiciones al aire libre muchos cultivos no podrían desarrollarse y, en caso de establecerse, no lograrían un desarrollo adecuado y fructificación. Ejemplo de ello, y para el caso específico de la localidad de Lupica (3.300 msnm), algunos

**Personas de pueblos originarios han ido incorporando tecnologías que contribuyen tanto a diversificar sus productos como a mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales.**

cultivos podrían establecerse al aire libre, pero no fructificar debido a que en octubre comienza la DGA, necesitando al menos 9 meses para



📍 Murmuntani.

**Cuadro 1.** Requerimientos de DGA para melón, pepino dulce y ají (CIREN N° 85, 1989).

	Melón		Pepino dulce		Ají	
DGr (base 10°C)	550	1100	750	1100	750	950
Promedio	825		925		850	

su fructificación. Esta situación cambia al ser establecidos bajo invernaderos, donde la DGA comienza en abril, completando la acumulación requerida en el mes de diciembre para su fructificación, tal y como se aprecia en el **Cuadro 3**.

Cabe destacar que la introducción de tecnología asociada a invernaderos, al igual que cualquier otra, debe considerar tanto las particularidades socioculturales de la población que las recibirá, como las condiciones edafoagroclimáticas y topográficas existentes. Por ello, es necesario realizar un trabajo participativo de extensión y validación de la tecnología con los productores y productoras, de lo contrario habrá implementaciones inadecuadas o rechazos que provocarán la no adopción de las mismas. En esta línea, el programa INIA-Conadi utilizó una metodología

que recoge elementos del “aprender haciendo” y de la investigación participativa, para transferir el manejo y mantención de estos sistemas. En concreto, se consideró el saber de los más de 50 beneficiarios, así como el conocimiento científico del equipo INIA, para generar soluciones aplicadas y pertinentes al territorio, que fueron evaluadas de manera conjunta, lográndose un mutuo aprendizaje. Para mantener el apoyo técnico pese a las grandes distancias entre Arica y la precordillera andina, se sumó a los tradicionales días de campo y charlas técnicas, la entrega de videos con recomendaciones prácticas y el uso –por primera vez para muchos de estos productores– de redes sociales.

De esta forma, personas de pueblos originarios han ido incorporando tecnologías que eran

**Cuadro 2.** Días grado acumulados (DGA), localidad de Lupica (INIA Intihuasi-INIA Ururi, proyecto Conadi).

	Suma DGr. Bajo	Suma DGr. Fuera
En	297,3	123,8
Fb	545,6	253,9
Maz	811,4	388,5
Ab	1002,6	511,5
May	1031,4	529,1
Jun	1067,3	536,65
Jul	1305,6	611,35
Ag	1545,0	691,85
Sept	1868,0	810,85
Oct	2272,8	960,2
Nov	2617,8	1109,8
Dic	2954,9	1240,9

consideradas extremadamente difíciles para el sector y que contribuyen tanto diversificar sus productos como a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales muy valorados por sus ancestros. **TA**

**Cuadro 3.** Representación de días grados acumulados (DGA) según período 2020, en relación a los requerimientos de melón, pepino dulce y ají (INIA Intihuasi-INIA Ururi, Proyecto Conadi).

	Promedio requerido	Meses											
		En	Fb	Maz	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic.
Suma de DG bajo de invernadero		297,3	545,6	811,4	1002,6	1031,4	1067,3	1305,0	1545,0	1868,0	2272,8	2617,8	2954,9
Melón	825												
Pepino dulce	925												
Ají	850												
Suma de DGr Fuera de invernadero		123,8	253,9	388,5	511,5	529,1	536,7	611,4	691,9	810,9	960,2	1109,8	1240,9
Melón	825												
Pepino dulce	925												
Ají	850												