

Cómo los cambios climáticos afectarán a la agricultura chilena

Fernando Santibáñez Quezada

Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED)

Facultad de Ciencias Agronómicas

Universidad de Chile

La producción agrícola depende de la armonía entre los procesos ecofisiológicos internos de las plantas y las condiciones externas creadas por el ambiente. Las plantas están dotadas de un programa genético interno donde están preestablecidas las conductas que ellas tendrán frente a las cambiantes condiciones del clima.

El crecimiento de cada órgano individual no solo depende del éxito fotosintético de las plantas, sino además, de la distribución de los carbohidratos entre los distintos órganos. La fracción de carbohidratos que se destina al crecimiento de cada órgano es una variable determinada genéticamente y su valor se va modificando a medida que transcurre la estación. No obstante el fuerte determinismo genético sobre la prioridad que cada órgano toma en la distribución de carbohidratos en cada momento del ciclo, el clima puede modificar este

patrón de distribución.

Es así como ambientes altamente luminosos tienden a reducir el desarrollo aéreo en beneficio del subterráneo, temperaturas muy elevadas tienden a reducir el peso de los frutos, la sequía frena el crecimiento de los ápices, reduciendo la relación hojas/frutos, las noches frescas tienden a favorecer la fructificación, los periodos frescos pueden producir aborto en floración y caída de frutos cuando ellos se prolongan por periodos de varios días, la excesiva alternancia de temperaturas altas y bajas tiende a reducir el crecimiento aéreo.

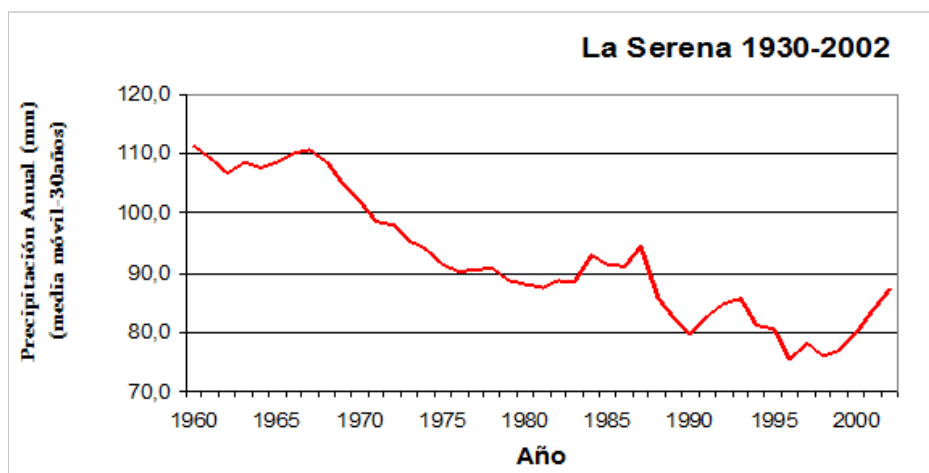


Figura 1. Tendencia de la precipitación anual en La Serena

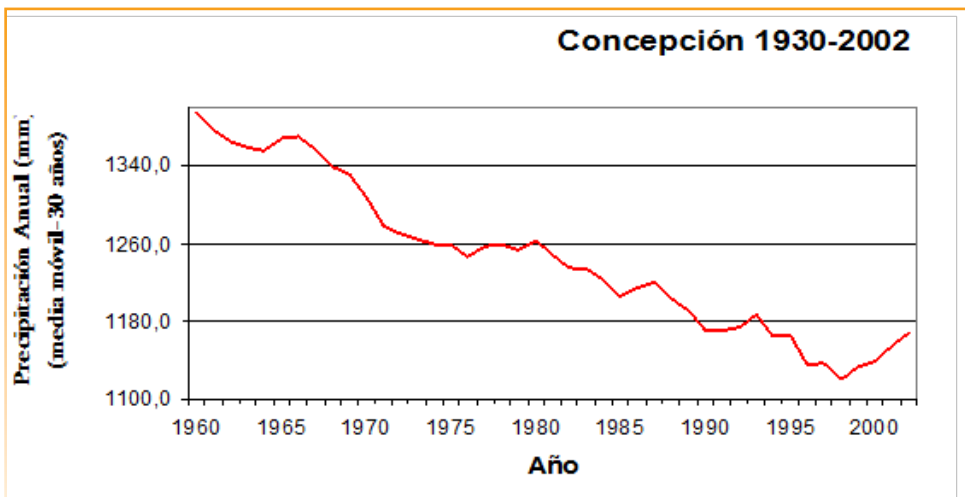


Figura 2. Tendencia de la precipitación anual en Concepción

Junto al crecimiento, las plantas deben sincronizar el desarrollo, es decir, los cambios fenotípicos que van sufriendo a través de la temporada. La velocidad con que las plantas atraviesan las distintas fases de su ciclo, depende más bien del clima que del tiempo cronológico. Se ha demostrado ampliamente que, para las plantas, el tiempo no tiene un significado relevante como para los animales, la progresión de su desarrollo se debe más bien a la acumulación de estímulos fundamentalmente térmicos, es decir, de temperaturas que superen un umbral base de crecimiento (días-grado, unidades heliotérmicas, horas-grado).

Adicionalmente, las condiciones del reposo invernal tienen una gran influencia sobre el equilibrio entre órganos vegetativos y reproductivos, por cuanto el éxito de la fructificación depende en una cierta medida del cumplimiento de los requerimientos de frío invernal y de la diferenciación floral producida durante la temporada anterior (Santibáñez, 1994).

Entender esto es esencial para comprender el efecto que un cambio climático podría tener sobre el comportamiento de las especies cultivadas. Una pequeña alza en la temperatura puede cambiar radicalmente el comportamiento de una especie cultivada. Para formarse una idea de lo que representa una pequeña alza en la temperatura media, es necesario recordar que la diferencia de temperatura entre Santiago y Antofagasta es del orden de 2°C, es decir, del mismo orden del cambio que se espera durante este siglo para los climas de Chile y el mundo.

Esto no sólo fue una de las causas de la desaparición del trigo de secano en la IV Región, sino además de una fuerte caída en la capacidad de carga de las praderas naturales en casi toda la zona central, lo que se potenció con el sobrepastoreo y la consecuente degradación de los pastizales. Adicionalmente, el número de lluvias anuales disminuyó, afectando especialmente a aquellas de pequeño monto, entre eventos mayores de precipitación (Figura 3). De Santiago al norte, los inviernos se hicieron notablemente menos fríos, habiéndose registrado una marcada caída en las horas de frío invernal en las regiones III y IV.

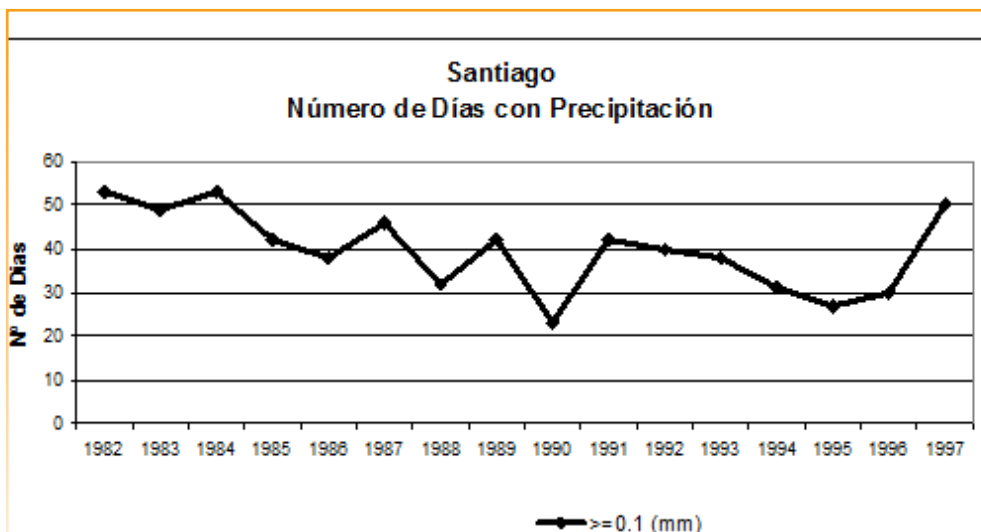


Figura 3. Tendencia del número de días con precipitación en Santiago

Cambios del clima chileno durante los años 1900-2000

Durante el siglo XX, el clima de Chile tuvo importantes variaciones conductuales, especialmente en la zona central y centro-norte. La temperatura promedio subió en alrededor de 0,7°C, siendo esta alza más notable en zonas de altura, por sobre los 2.000 m. Esta alza afectó a las temperaturas máximas y mínimas, con la excepción de las localidades costeras de Concepción al norte donde se registró un decrecimiento de las máximas debido al mayor efecto refrescante de la corriente de Humboldt. Las precipitaciones decrecieron constantemente en ciertas localidades, especialmente en las ubicadas al norte de Santiago y las de regiones costeras hasta Valdivia (Figuras 1 y 2).

Esto no sólo fue una de las causas de la desaparición del trigo de secano en la IV Región, sino además de una fuerte caída en la capacidad de carga de las praderas naturales en casi toda la zona central, lo que se potenció con el sobrepastoreo y la consecuente degradación de los pastizales. Adicionalmente, el número de lluvias anuales disminuyó, afectando especialmente a aquellas de pequeño monto, entre eventos mayores de precipitación (Figura 3). De Santiago al norte, los inviernos se hicieron notablemente menos fríos, habiéndose registrado una marcada caída en las horas de frío invernal en las regiones III y IV.

Efectos de los cambios climáticos en la productividad de los cultivos

El efecto de variaciones climáticas en la productividad de los cultivos es difícil de predecir debido a la complejidad de las relaciones causa/efecto que se establecen entre las plantas y el clima. En ciertos casos, el efecto de un alza en las temperaturas es claramente negativo pero en otros, claramente positivo. El equilibrio de los impactos negativos y positivos determinará la conducta de un cultivo frente a los nuevos escenarios climáticos. Un alza de la temperatura en climas fríos contribuirá a mejorar las tasas de crecimiento y acumulación de biomasa. Si este fenómeno es acompañado de la reducción de la precipitación, el efecto negativo de esto podría anular al cambio positivo en el régimen de temperaturas. El resultado final dependerá de cual fenómeno sea más determinante de

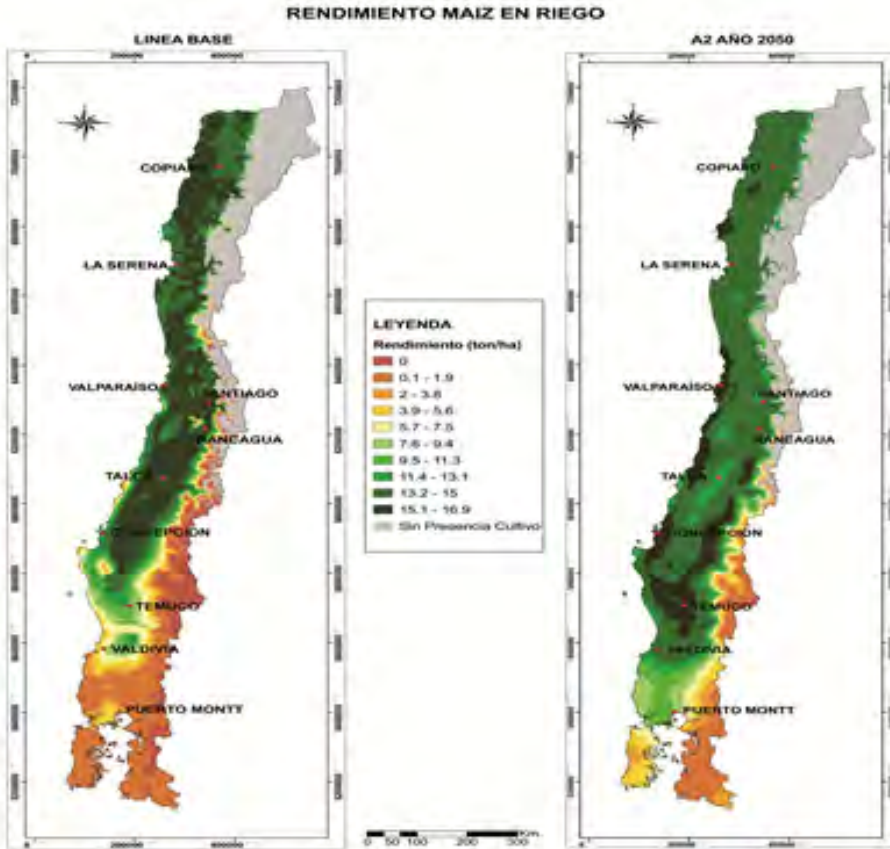


Figura 4. Cambios esperados en los potenciales de producción del maíz. Nótese el avance hacia la región de Los Lagos y la disminución en el Valle Central.

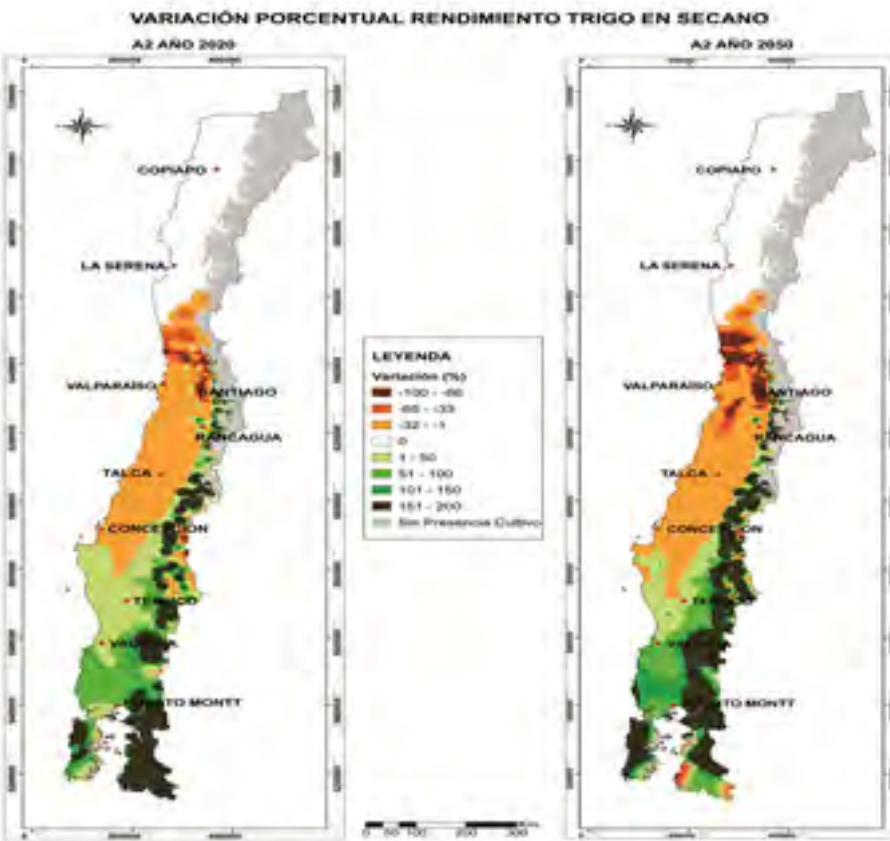


Figura 5. Mapas del impacto esperado del alza de la temperatura en los rendimientos del trigo (Tonos ocres implican disminución y verdes aumento)

la producción. En regiones tropicales, un alza de las temperaturas podría incrementar los niveles de estrés térmico reduciendo los rendimientos.

Simultáneamente un contenido CO₂ más alto permitirá a las plantas una tasa fotosintética más alta, pero simultáneamente serán sometidas a tasa respiratorias más elevadas, lo que consume más carbohidratos. Un hecho esperable en todas las condiciones, es que el calentamiento global acelerará los ciclos vitales de las plantas, de los insectos y de los agentes patógenos, lo que podría hacer más difícil y costoso mantener la sanidad de los cultivos. La aceleración del ciclo vital de plantas reducirá el tiempo que estas tienen para generar semillas y frutos, afectando negativamente a los rendimientos. Para neutralizar este fenómeno, las áreas cultivadas deberán desplazarse en latitud o altitud, buscando climas más frescos cuando sea posible o bien, cambiando las fechas de siembra buscando una mejor combinación de temperatura y precipitación. En regiones donde ninguna de estas dos posibilidades exista, los rendimientos fatalmente caerán.

El calentamiento global favorecerá una mayor dispersión geográfica de las plagas y enfermedades de los cultivos. Temperaturas más elevadas, acelerarán la reproducción, a la vez que acortarán el tiempo entre diversas generaciones de insectos y agentes patógenos. Los cambios en el régimen de precipitaciones podrían aumentar la sensibilidad de los hospederos a la vez que reducir las poblaciones de predadores y competidores. Un ejemplo de esto fue la llegada del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) a Chile Central, en los comienzos de los años 50's.

La mayor parte de las regiones agrícolas del país (Atacama a Los Lagos) sufrirán una aridización como consecuencia de la declinación pluviométrica que continuará durante el siglo XXI. Junto con esta tendencia, las temperaturas seguirán subiendo, llevando los promedios actuales a crecer entre 2° y 4 °C. Además de estas modificaciones primarias, es posible que otras características secundarias se vean modificadas, como el régimen de vientos, de nubosidad y la frecuencia de eventos extremos como altas y bajas temperaturas. Este hecho podría desplazar las actuales zonas climáticas hacia el sur, especialmente en lo que se refiere a la fruticultura y la silvicultura.

Una consecuencia importante del calentamiento de la zona central será el ascenso de la isoterma de 0°C en la cordillera, la que podría moverse varias centenas de metros hacia arriba en la Cordillera de los Andes, reduciendo la precipitación sólida en las cuencas, favoreciendo un aumento del escurrimiento invernal en perjuicio del estival. Este hecho, sumado a una menor pluviometría, podría reducir la disponibilidad de agua, especialmente en el periodo estival.

En el caso de los cultivos anuales, las modificaciones en el régimen térmico permitirían cambiar sus fechas de siembra lo que compensaría una situación climática adversa. La atenuación del régimen de heladas permitiría adelantar en varios meses la fecha de siembra de los cultivos de verano, lo que permitiría aprovechar parcialmente las precipitaciones invernales. Estos cambios en la fecha de siembra tendrían como única limitación la imposibilidad de sembrar en suelos húmedos, a la salida de invierno, lo que sería especialmente relevante en suelos arcillosos. Los frutales de hoja caduca podrían extender su área de cultivo hacia las regiones VIII, IX y X. El alza en la temperatura y la reducción de las heladas invernales favorecerá a las especies subtropicales, las que podrían mejorar sensiblemente su potencial en casi todas las regiones del país. El bosque plantado de Pino y Eucalipto ampliaría su zona de producción hacia la décima región. Por el contrario en la zona central (V y VI regiones) el potencial productivo podría deteriorarse como consecuencia del aumento de la aridez. Las praderas en general se beneficiarían del aumento de las temperaturas invernales, iniciando antes su ciclo de crecimiento, mejorando con ello la productividad. Es posible que, a pesar de esto, el aumento en la variabilidad de las precipitaciones haga aún más difícil el ajuste de la carga animal en el futuro, impidiendo con ello una mayor productividad de los sistemas de producción animales.

Todos los cultivos muestran un aumento en las necesidades de riego a lo largo del país. Esta variación es especialmente notable de la Araucanía al Sur, lo que sugiere la necesidad de crear y mejorar la infraestructura de riego de dichas regiones. Un aspecto de especial relevancia se refiere a los cambios negativos que podrían afectar a la hidrología de la Cordillera de los Andes. El adelanto de los máximos de escorrentía hacia la primavera invierno reducirá fuertemente la disponibilidad de

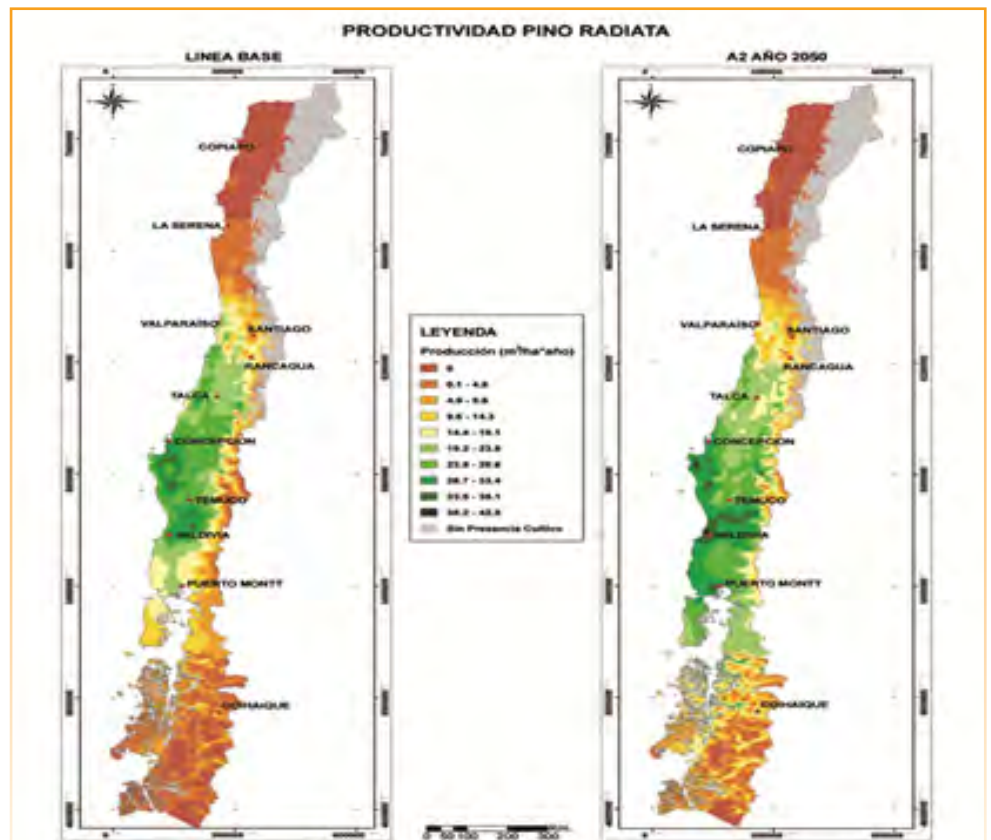


Figura 6. Mapas de la productividad actual y esperada de la productividad del Pino radiata. Nótese el deterioro en la zona central y el aumento al sur de La Araucanía

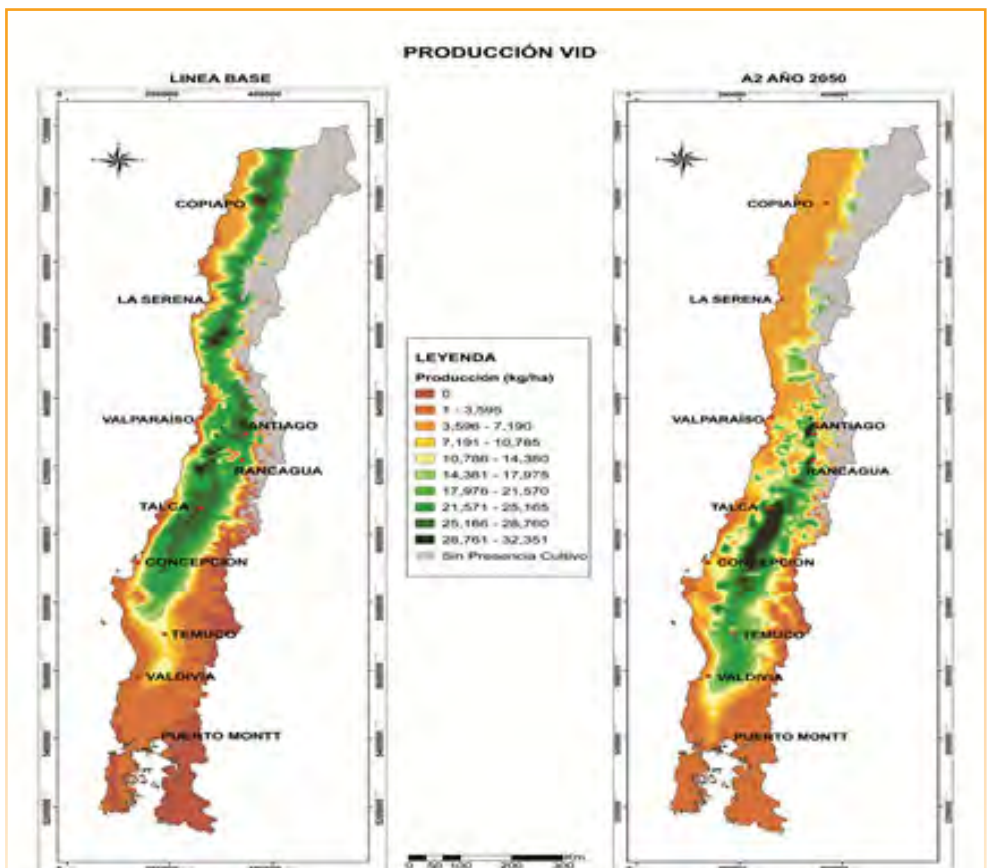


Figura 7. Mapas del potencial actual y proyectado para la vid. Nótese el deterioro en la región norte y central y el mejoramiento de las condiciones al sur del Bío-Bío

agua durante el periodo de mayor demanda por la agricultura en aquellas cuencas que no cuenta con obras de regulación hidrológica.

Globalmente, se proyectan cambios positivos y negativos sobre la producción agrícola. La neutralización de los negativos requerirá de un rediseño de los sistemas de producción, especialmente en lo referente a las fechas de siembra de los cultivos anuales y al uso de variedades de ciclo largo, capaces de mantener los niveles de producción a pesar del aumento de la temperatura. El aprovechamiento de los cambios positivos requiere de un cambio en las fronteras agropecuarias así como del mejoramiento de la infraestructura de riego del país.

En muchos casos, la capacidad de adaptación de la agricultura depende de la adopción de sistemas modernos y eficientes de riego, manejo altamente tecnificado de la fertilidad del suelo, de las técnicas de cultivo, de los pesticidas, de los necesarios aumentos en la eficiencia energética e hídrica, de una adecuada gestión del riesgo, de la existencia de alertas tempranas y de una capacidad para reaccionar frente a las amenazas climáticas, la disponibilidad de nuevos recursos genéticos ambientalmente más estables y resistentes a plagas y enfermedades. Estas transformaciones deberán ocurrir en un contexto de mercados inestables y elevados precios de los insumos, especialmente de la energía. Muchos tipos de agricultura nunca lograrán adaptarse con la velocidad requerida, lo que podría llevar a importantes zonas a una marginalización

progresiva, intensificando la pobreza rural.

A modo de ejemplo, las figuras 4 a 7 muestran como variaría la aptitud de nuestro territorio para la producción de algunos cultivos, fines del siglo XXI.

Principales proyecciones del cambio climático para la silvoagricultura chilena

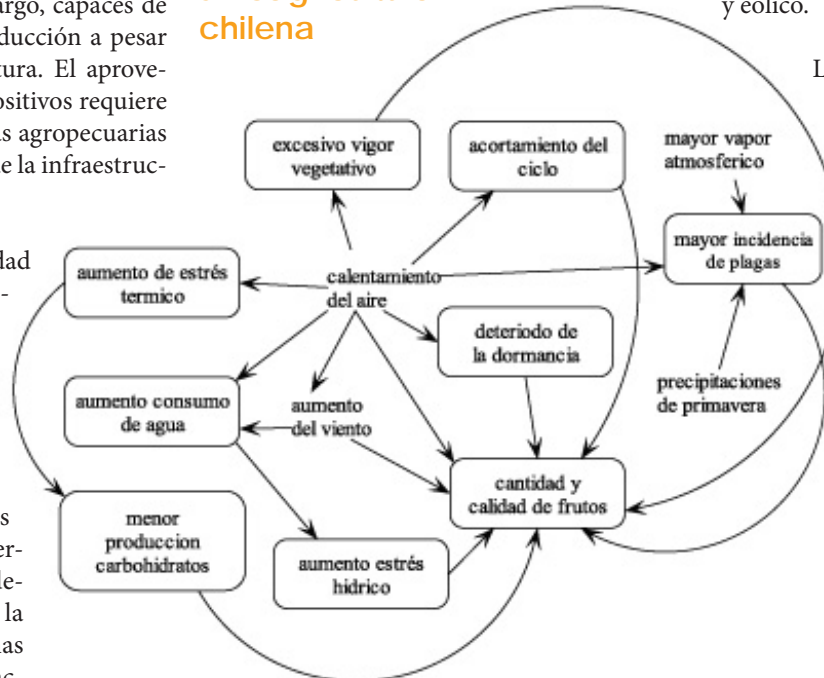


Figura 8. Algunas relaciones de causa efecto gatilladas por el cambio climático.

El agua pasará a ocupar un papel aún más estratégico como resultado de estos cambios climáticos, los cuales reducirán los montos pluviométricos en la región más poblada del país. La disminución de la pluviometría, junto con una reducción en la capacidad de regulación hidrológica de las cuencas andinas, podría tener profundas consecuencias sobre la disponibilidad de agua en primavera ve-

rano, afectando mayormente a la agricultura de riego.

En el extremo austral podría registrarse un aumento en la pluviometría, lo que, junto a un alza en las temperaturas, beneficiaría a las pampas magallánicas. Claro está, que el riesgo de erosión del suelo se vería incrementado en el probable caso de un aumento en la agresividad del régimen pluviométrico y eólico.

Los impactos económicos y sociales que podrían acarrear estos cambios dependen de la capacidad que tendrá la agricultura chilena para absorberlos y neutralizarlos. Esta capacidad estará asociada a características estructurales como tipo de tenencia de la tierra, acceso a la tecnología y capital, y a las opciones productivas que permitan un cambio en el uso del suelo en las regiones más afectadas. Las figuras 4 a 7 muestran la distribución geográfica de los impactos productivos que los cambios climáticos podrían tener sobre la agricultura y la vulnerabilidad de esta en función de sus características estructurales (tipo de tenencia de la tierra, disponibi-

lidad de riego, uso del suelo, tecnificación y población rural).

¿Cómo será el clima de las próximas décadas?

El calentamiento progresivo del aire irá provocando una serie de cambios encadenados y graduales en la conducta de la atmósfera.



El síntoma más directo del calentamiento será el aumento de la frecuencia de las temperaturas elevadas ($T > 32^{\circ}\text{C}$), lo que podría llevar al Valle Central, con cierta frecuencia, a superar los 35°C .

Un segundo síntoma será el aumento de las temperaturas mínimas y nocturnas, lo que podría estimular el vigor del crecimiento apical en perjuicio de los frutos en muchas especies. Igualmente negativo puede ser este fenómeno, para el desarrollo del color y aromas en vides y especies de piel coloreada. Esta situación provocará además una reducción en las horas de frío invernales, lo que deteriorará las condiciones de la dormancia en especies caducas, reduciendo la fertilidad de yemas y el vigor de la brotación.

Un tercer síntoma será un aumento en la ventosidad, lo que podría convertirse en un factor de estrés y de aumento en las tasas de evapotranspiración, complicando con ello la

gestión del riego. Este fenómeno deberá ser compensado con mayores inversiones en estructuras de reducción de viento.

Un cuarto síntoma será el aumento de la frecuencia de precipitaciones de primavera verano y una disminución del número de lluvias de invierno. Es igualmente posible que aumente la frecuencia de ciclos nubosos como consecuencia de un mayor intercambio de masas de aire entre el continente y el océano. Si bien podría observarse una disminución en el total de lluvia anual, las precipitaciones podrían aumentar en intensidad, lo que es particularmente relevante en los casos que ellas coincidan con el periodo de fructificación.

Un quinto síntoma lo representará un aumento en el contenido de vapor de la atmósfera lo que creará mayores riesgos de condensación de rocío, favoreciendo la infestación de hongos y bacterias.

Todos estos cambios irán acompañados de un posible aumento en la variabilidad climática. Las temperaturas extremas, la precipitación, la nubosidad y el viento podrían ser más inestables pasando de un extremo a otro en breves tiempos, por cuanto una atmósfera más caliente se torna más inestable e impredecible.

Todos estos cambios ejercerán efectos encadenados sobre los cultivos, lo que hace difícil pronosticar cuan positivos o cuan negativos serán sus efectos (Figura 8). En general existe un cierto consenso en que las condiciones climáticas serán algo más hostiles y azarosas, por lo que será necesario implementar estrategias de control de riesgos, de reducción de estrés o simplemente, relocalizar los cultivos evitando con ello enfrentarse a los riesgos. La agricultura tiene una gran tarea para adaptarse a estas nuevas situaciones, sin que ello signifique un aumento de costos que haga perder competitividad al sector.



Contacto

Servicios INIA Intihuasi

LABORATORIO DE SUELOS

Carlos Sierra Bernal
csierra@inia.cl
Fono 051-223290 Anexo 32

SERVICIOS EN I+D Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Antonio Ibacache González,
Subdirector de Investigación y Desarrollo
aibacache@inia.cl
Fono 051-223290 anexo 12

LABORATORIO DE ANALISIS FOLIAR

Antonio Ibacache González
aibacache@inia.cl
Fono 051-419617

SERVICIOS EN GESTION COMERCIAL

René Pacheco Rojo,
Subdirector de Administración y Finanzas
rpacheco@inia.cl
Fono 051-223290 anexo 18

SERVICIOS DE CONSERVACIÓN Y PROPAGACIÓN DE MATERIAL VEGETAL

Pedro León Lobos, Curador del Banco de Semillas
pleon@inia.cl
Fono 051-411006/051-223290
Anexo 25

BIBLIOTECA

Érica González Villalobos, Bibliotecaria
egonzalez@inia.cl
Fono 051-223290 anexo 34