



Capítulo 1

Perfil climático y agroclimático de la
Región del Maule



Capítulo 1.

Perfil climático y agroclimático de la Región del Maule

Raúl Orrego Verdugo

1.1 Introducción

La Región del Maule depende fuertemente de las condiciones climáticas, ya que la actividad agrícola es uno de sus ejes económicos más relevantes. El clima está muy influenciado por su localización geográfica, puesto que se sitúa justo en el límite sur de la zona central de Chile, siendo un ecotono entre dos situaciones muy contrastantes: árida y cálida (típica del norte de Chile), y lluviosa y fría (típica del sur). Esto genera climas y microclimas que derivan a una aptitud productiva diversa.

En este capítulo se explicarán los factores que gobiernan el clima en la región, para luego describir cuantitativamente el comportamiento de las principales variables de interés agrícola, diferenciando las distintas zonas existentes. Finalmente, se dará una noción general de lo esperado en condiciones de cambio climático, dada la importancia de la respuesta productiva frente a la evolución del clima.

1.2 El relieve de la región: un factor que influye fuertemente en el clima

El efecto del relieve es fundamental para la comprensión de muchos fenómenos climáticos, por lo que se dará una descripción general de la geografía de la Región del Maule.

En la Región del Maule, la Cordillera de los Andes forma cordones montañosos que no superan los 4.000 msnm (metros sobre el nivel del mar), excepto por el Volcán Peteroa (4.900 msnm), sin perjuicio que haya otras cumbres importantes que tengan un efecto notable sobre el clima.

Se observa un relieve complejo creado por la actividad tectónica y volcánica, además de la interacción glaciaria. La depresión intermedia es una franja del orden de los 40 km de ancho, con un relieve plano atravesado por cauces que forman dos grandes cuencas (Mataquito y Maule), además de cuencas costeras como las del Lago Vichuquén y el Río Curanilahue. Las grandes cuencas están formadas por numerosos cauces de importancia agrícola; como los ríos Teno, Claro, Lircay y el Achibueno. Entre la cordillera de los Andes y la depresión intermedia está la zona Precordillerana (elevaciones entre los 400 y 1.000 msnm) con valles alternados con planicies (IGM, 2001). La Cordillera de la Costa se presenta baja y ondulada, bajo los 900 msnm. Lo anterior produce valles interiores muy importantes para la agricultura, dando lugar al llamado "secano interior". Finalmente, el secano costero presenta extensos sectores de dunas (Putú, Chanco y Curanipe), alternado con otros sectores de planicies anchas que van desde los 200 m hasta los 5 km.

1.3 Los grandes factores del clima en la Región del Maule

El clima de la Región del Maule está dominado por 4 factores:

a) La cercanía al océano

En Maule, la mayor parte de las lluvias se forman debido a masas de aire húmedo proveniente del océano (frentes), que se elevan, bajando su temperatura y, posteriormente, precipitando. Por lo tanto, la pluviometría de la región está gobernada principalmente por la dinámica de los frentes (Barry and Chorley, 1980; Romero, 1985). Después de un frente, suele venir aire frío con inestabilidad post frontal, lo que puede producir heladas (Lueber y Pliscoff, 2006). Otro impacto del océano sobre el clima de la región se da por la capacidad que tiene el agua de almacenar grandes cantidades de calor, por lo que la cercanía al océano mitiga las temperaturas extremas, disminuyendo la oscilación térmica diaria y anual. Las zonas cercanas a la costa son entonces menos propensas a heladas y golpes de sol, lo que posibilita el desarrollo de especies sensibles a las heladas en estas zonas.

b) El relieve

Por efecto del relieve, se observa una relación inversa entre la altura y la temperatura, lo que produce que las zonas altas sean más frías que los valles (Barry and Chorley, 1980), generando un perfil altitudinal muy característico dada su alta variabilidad de elevaciones, sobre todo en la Precordillera. El relieve mitiga el efecto de control térmico del océano, provocando que la zona ubicada al este de la cordillera de la costa, secano interior y valle central, tenga una alta oscilación térmica, especialmente en verano. A una menor escala, destacan las denominadas “sombras de lluvia”, que se produce cuando las precipitaciones en las laderas de sotavento, cara opuesta al viento del cordón montañoso que ocurre al este-noreste, son menores a la de barlovento (Barry and Chorley, 1980), con mayores temperaturas debido a que el descenso de las masas de aire induce a que éstas se calienten y sequen por un fenómeno termodinámico denominado “calentamiento adiabático” (Lueber y Pliscoff, 2006; Romero, 1985).

c) El Anticiclón del Pacífico

Esta es una zona de altas presiones que dificulta el paso de los frentes, lo que está ligado a la temperatura superficial del mar. Durante el verano, se ubica en su posición más septentrional, en torno a la ciudad de Constitución (Saavedra y Foppiano, 1992; Saavedra *et al.*, 2002). En invierno llega a su posición más austral, cercana a Puerto Montt. Esta dinámica produce una fuerte estacionalidad; con veranos secos e inviernos lluviosos, tal como la totalidad de la Región del Maule, con climas mediterráneos (Saavedra *et al.*, 2002). Los climas mediterráneos –no muy frecuentes en el mundo– se caracterizan por su sensibilidad a la sequía en la época de mayor actividad vegetal y con un potencial frutícola (Gómez-Zotano *et al.*, 2015).

La extensión e intensidad está vinculada al fenómeno ENOS (El Niño- Oscilación del sur). Así, en la Región del Maule, durante los eventos “Niño”, el Anticiclón se debilita, aumentando la cantidad de precipitaciones en otoño y primavera, en tanto que en los eventos “Niña” se intensifican, disminuyendo las precipitaciones (Montecinos y Aceituno, 2003).

d) Otros fenómenos atmosféricos de investigación reciente

Se han reportado otros ciclos que están adquiriendo mayor incidencia en la variabilidad climática de la región:

Oscilación Antártica, que en zona de bajas presiones presenta un ciclo de corta duración, meses, que está tendiendo a permanecer por más tiempo en su fase positiva, lo que empuja los frentes hacia el extremo sur de Chile. Investigaciones recientes indican que esta dinámica podría explicar una parte importante de la denominada “megasequía” que ha ocurrido durante los últimos 12 años.

Otra fuente de variación de corta duración, pero que afecta más a nivel del anticiclón, es la Oscilación de Madden-Julian, que corresponde a un centro de bajas presiones tropicales que va rotando a nivel del ecuador y cuya posición relativa impacta en el clima de la zona (Zhang, 2013). Su efecto a la latitud del Maule es menor que en otras zonas, aunque está establecido que existe una mayor probabilidad de lluvias cuando este núcleo se ubica en el centro del Pacífico.

Además, se han descrito otros fenómenos atmosféricos que suelen afectar también a la Región del Maule, como: a) ríos atmosféricos (Garreaud, 2013), que son masas de aire cargadas de humedad provenientes del trópico, las cuales se descargan al interactuar con las zonas altas en forma de lluvias intensas y concentradas y b) bajas segregadas (Boisier, 2008), que corresponden a masas de aire muy activas a gran altitud, las que generan lluvias breves, intensas y de difícil predicción. Ambos fenómenos han incrementado su frecuencia en los últimos años, pero falta mayor comprensión de su impacto.

1.4 Zonas climáticas de la Región del Maule

Basado en la fisiografía (indirectamente, clima) y prácticas agrícolas, ODEPA (2009) propuso una división del territorio en zonas ambientalmente homogéneas. En la región se distinguen 4 zonas productivas (Figura 1.1): Precordillera (parte baja de la ladera Andes), Depresión Intermedia (planicie entre la ladera Andes y la Cordillera de la Costa), Secano Interior (los valles interiores, y ladera este de la Cordillera de la Costa y Secano Costero (ladera oeste de la Cordillera de la Costa con fuerte influencia oceánica). También está la zona de Cordillera que, aunque es relevante para la reserva de agua, cuenta con pocos registros meteorológicos como para hacer una caracterización.

Para la descripción y análisis cuantitativo de dichas zonas agroclimáticas se utilizaron estaciones meteorológicas de la red Agroclima y Agromet de INIA distribuidas en la región según se indica en la Figura 1.1, y se consideraron los registros del periodo 1990 al 2020.

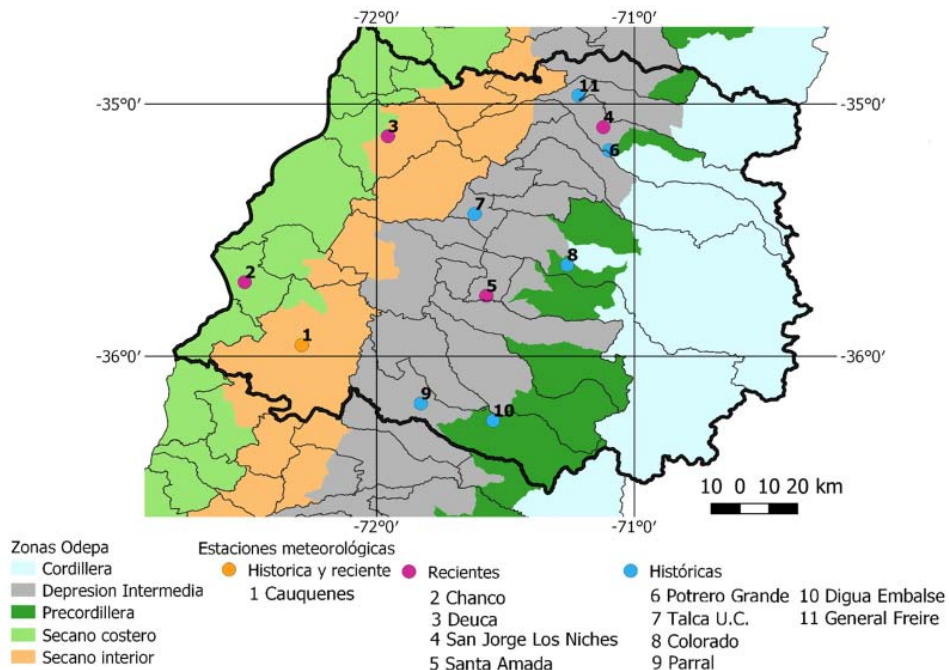


Figura 1.1 Estaciones meteorológicas usadas superpuestas sobre el mapa de las zonas ambientalmente homogéneas de ODEPA para la Región del Maule

1.4.1 Precipitación y temperatura

Respecto a las precipitaciones, la zona Precordillerana representada por las estaciones Potrero Grande, Colorado y Embalse Digua (Figura 1.2), presenta lluvias anuales que superan los 1.000 mm/año. Las temperaturas, por su parte, presentan una alta amplitud con máximas que van desde los 11°C hasta casi 30°C en promedio. Las mínimas son bajas en comparación al resto de la región, variando entre los 2°C y 12°C.

Esta condición favorece la producción de frambuesos, los que se dan bien en zonas de inviernos de bajas temperaturas y veranos relativamente frescos, con alta oscilación térmica entre el día y la noche.

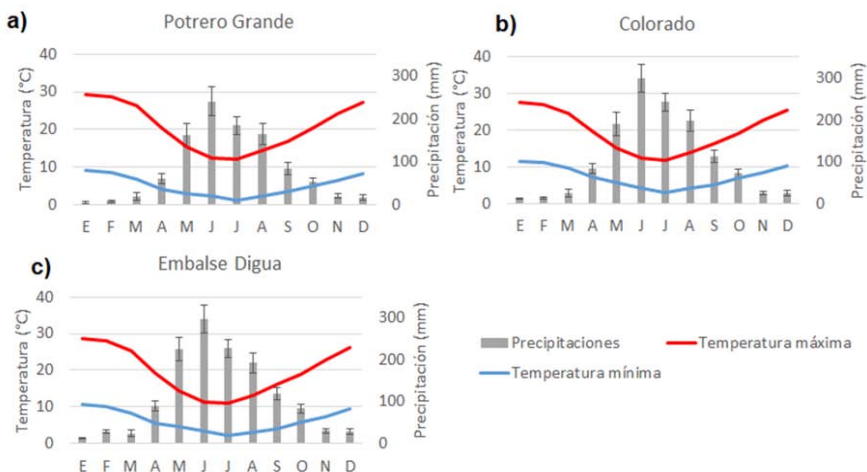


Figura 1.2 Climodiagramas calculado en base a las estaciones de la Precordillera de la región del Maule.

En la depresión intermedia, los montos de precipitación se encuentran en torno a los 600 mm/año, con una marcada diferencia latitudinal, siendo más alta en el sur de la región, en la zona de Parral, (Figura 1.3c) que, en el norte, comuna de Curicó (Figura 1.3a). Aun así, en la estación en Maule centro de la comuna de Talca, existe un comportamiento muy similar a la zona norte (Figura 1.3b). Las temperaturas, por su parte, mantienen la alta amplitud térmica, aunque con mínimas en invierno más altas que en la Precordillera, variando anualmente entre los 3.5°C a 10°C.

En esta zona se favorecería más la producción de frutales mayores, los que se verían favorecidos por condiciones más cálidas que las de Precordillera, y el mejor acceso respecto del secano interior. El cultivo de frambueso se vería en teoría más limitado que en la Precordillera por las mayores temperaturas, disminuyendo rendimiento y calidad organoléptica. El arándano, por su parte, tiene una mayor plasticidad, existiendo variedades que tienen una buena adaptación a estas condiciones más cálidas.

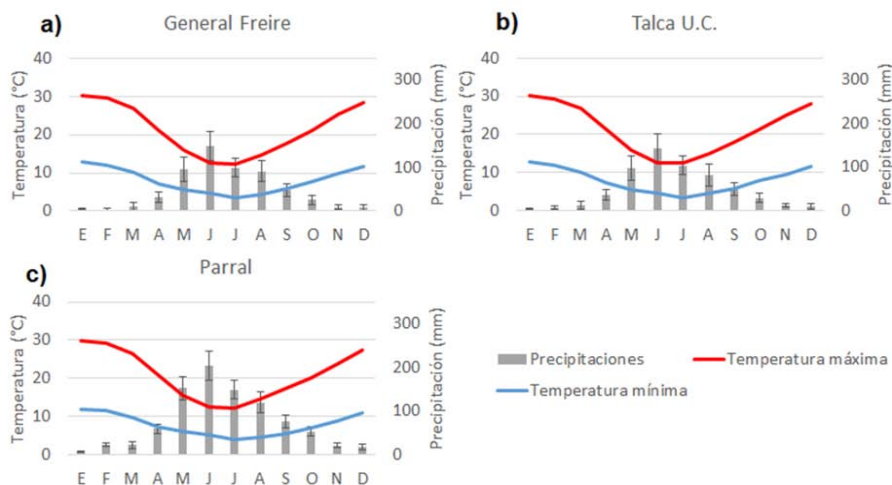


Figura 1.3 Climodiagramas calculado en base a las estaciones de la Depresión Intermedia de la región del Maule.

El secano interior es más seco respecto de las otras zonas de la región (Figura 1.4), alcanza valores anuales en torno a los 500 mm. Las temperaturas mantienen la alta amplitud térmica, siendo muy cercanas a las observadas en la depresión intermedia. Esta zona favorece los cultivos mediterráneos, y no se recomienda para el cultivo de berries desde el punto de vista climático.

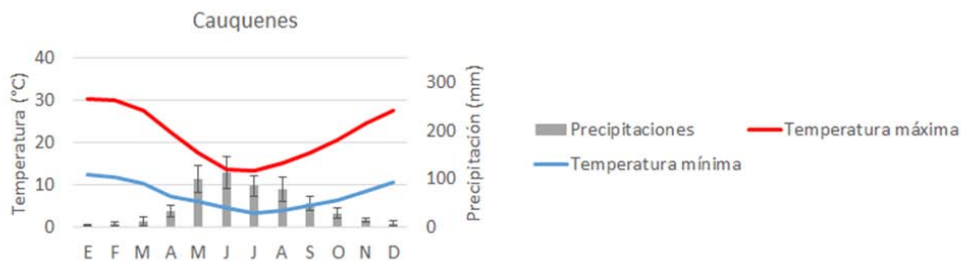


Figura 1.4 Climodiagramas calculado en base a las estaciones del Secano Interior de la región del Maule.

Para el secano costero no se dispone de estaciones con registros históricos. Sin embargo, con los datos actuales para esta zona se puede indicar que se caracteriza por la baja amplitud térmica y montos de precipitación comparables a los que se observan en la depresión intermedia. En estas condiciones se puede realizar la producción de algunos cultivos que se ven muy favorecidos por la estabilidad de las temperaturas, grupo en que no se encuentran frutales menores como frambuesa o arándano, pero sí frutilla, la cual se recomienda cultivar en dicha zona desde el punto de vista climático.

1.4.2 Acumulación térmica y horas de frío

En la Precordillera, la acumulación térmica es sustancialmente menor que en las otras zonas, alcanzando valores en torno a los 1400°C-1500°C. Esta menor acumulación favorece un desarrollo más pausado, propicio para los berries. Este dato fue calculado en base a 10°C, acumulado desde el primero de septiembre. En la Figura 1.5 se señala el resultado tanto de la media (barras), como los acumulados (líneas, indicando en esta última los rangos de variabilidad esperados mediante la desviación estándar interanual del mes).

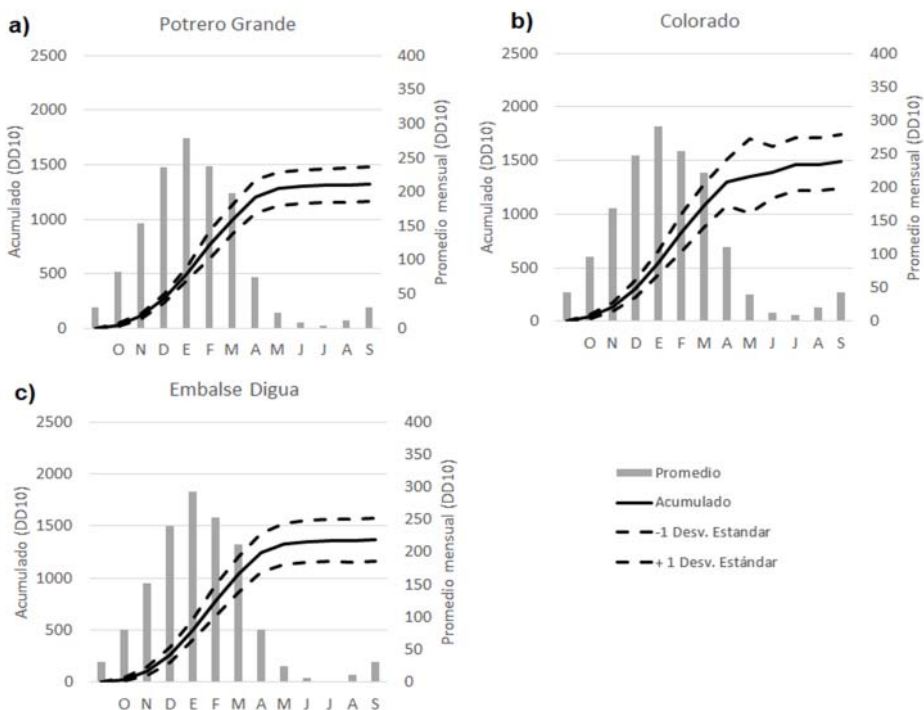


Figura 1.5. Grados día base 10 para las estaciones de la Precordillera de la región del Maule.

En la depresión intermedia, la acumulación térmica está como media entre los 1700°C-1800°C, observándose una mayor acumulación térmica respecto de la Precordillera, y que está distribuida de manera homogénea durante el año (Figuras 1.6). Sin perjuicio de ello, se observa un gradiente norte-sur, registrándose casi 100°C acumulados más en la estación más septentrional, General Freire, que, en la más austral, Parral. Esta mayor acumulación de calor provoca un desarrollo más acelerado, lo que podría repercutir en la calidad del fruto en el caso de los berries.

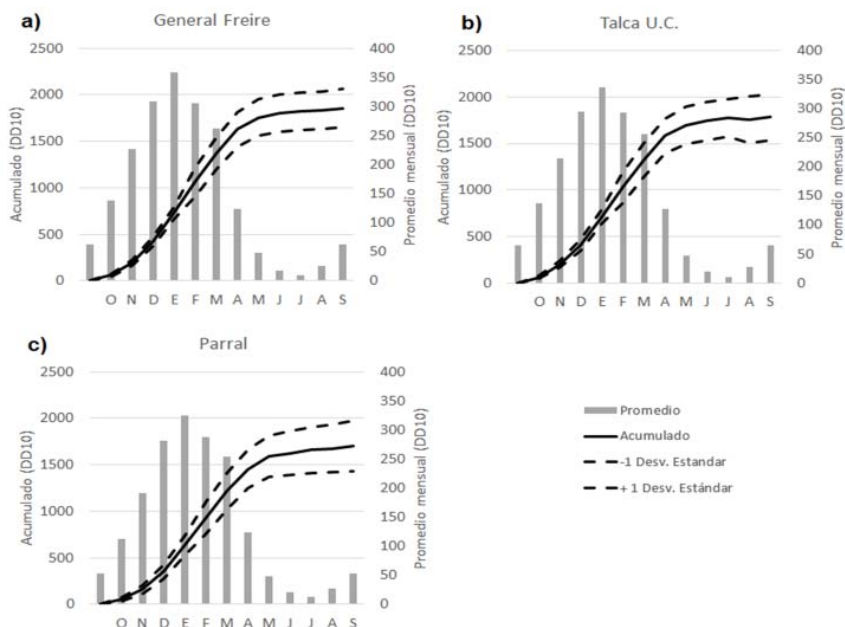


Figura 1.6. Grados día base 10 para las estaciones de la Depresión Intermedia de la región del Maule.

En el secano interior se observa una acumulación térmica mayor (Figura 1.7), siendo en la estación Cauquenes (1780°C), un poco mayor a la estación de Parral (1703°C), localizada a la misma latitud. Sin embargo, la estación de Cauquenes muestra mayor amplitud interanual, con veranos más cálidos e inviernos más fríos que la depresión intermedia, condición que permite recomendar algunas variedades de arándanos para cosecha temprana y sistemas de tecnologías de riego y cubiertas protectoras.

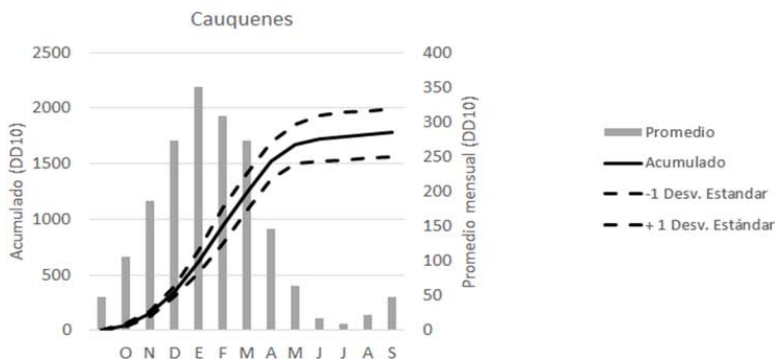


Figura 1.7. Grados día base 10 para las estaciones del secano costero de la región del Maule.

Las horas de frío en base a 7°C, entre mayo y septiembre, pudieron ser calculadas sólo para las estaciones de Agromet, datos posteriores al año 2010, y por tanto representan sólo los 10 últimos años. Este dato resulta relevante, ya que tanto el arándano como el frambueso requieren de ellas dada la respuesta diferenciada de adaptación y productividad dependiendo de la variedad. En este sentido el arándano tiene requerimientos de frío entre 400 y 1200 horas, valores menores que el frambueso, el cual requiere entre 700 y 1400. Así se calculó para todo el año las acumulaciones de horas frío, señalándose con barras azul en la Figura 1.8.

En el sur de la depresión intermedia es donde se observa la mayor acumulación de frío, estación Santa Amada, en Linares con 1350 horas (Figura 1.8a), aunque se registra poca variabilidad entre esta y otra estación ubicada al norte de la Región, cerca de Curicó, estación San Jorge con 1300 horas (Figura 1.8b) siendo apta para la producción de frambueso y arándano dada la mayor oferta varietal, aunque la variabilidad térmica interanual puede generar años en que los requerimientos de frío no se logren cumplir, lo que pudiese afectar la productividad de aquellas variedades con mayor requerimiento de frío. En tanto que los valores menores se observan en la costa en la estación de Chanco con 770 horas (Figura 1.8e) donde sólo podrían establecerse variedades con bajo requerimiento de frío.

El secano interior alcanza un poco más de las 1000 horas de frío, con poca diferencia en el norte y sur, 1095 en la estación de Deuca cerca de Curepto (Figuras 1.8c) y 1116 en la estación de Cauquenes (Figuras 1.8d), siendo también limitante para muchas variedades de frambuesa, y en menor medida, para el arándano.

En la Precordillera debiera haber acumulaciones de horas de frío mayores, siendo aptas para las variedades con altos requerimientos de frío, pero no hay estaciones con registros horarios suficientes para el análisis en esta zona de la región del Maule.

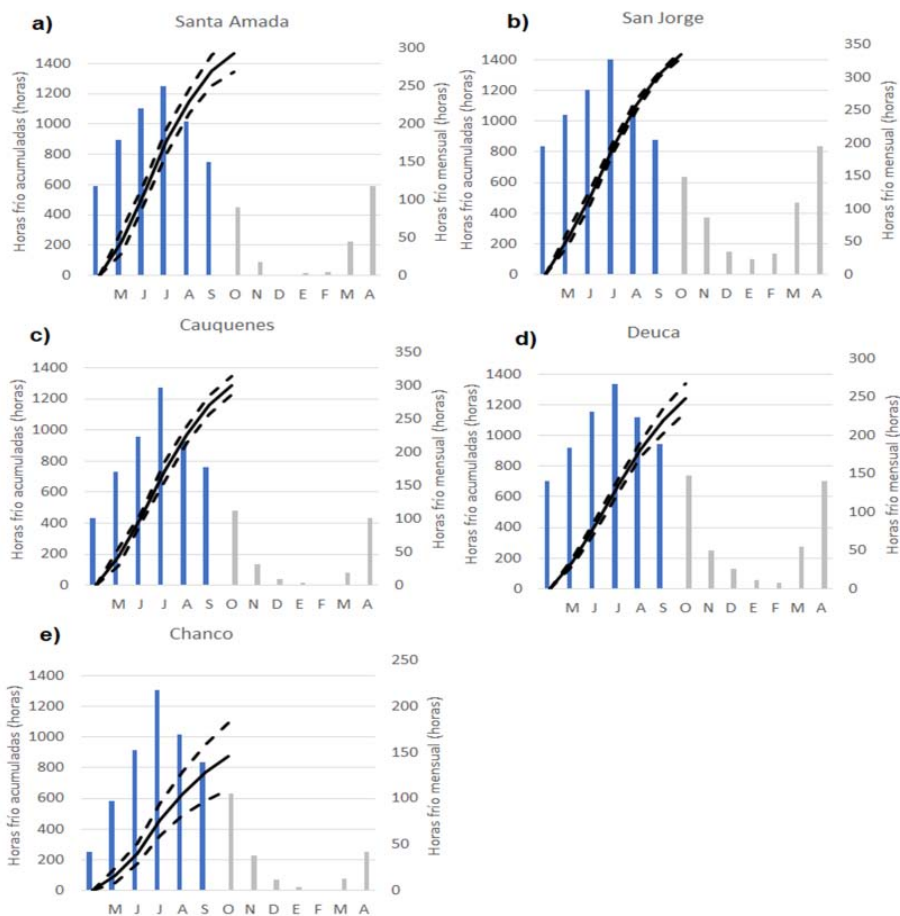


Figura 1.8. Horas de frío acumuladas en las distintas estaciones de la región del Maule.

a) Eventos potencialmente perjudiciales

La alta oscilación térmica característica de esta región y su condición transicional con el clima más frío del centro sur de Chile, inducen una mayor exposición a heladas en primavera, y temperaturas altas potencialmente dañinas, con máximas sobre los 30°C en verano. En el caso de los berries, estos suelen tolerar bien ambos extremos térmicos, aunque una alta frecuencia de estos eventos en periodos fenológicos sensibles puede generar problemas. Como el efecto perjudicial de ambos eventos depende de la fenología, y por tanto de la acumulación térmica, de las Figuras 1.9 a la 1.14 se presenta la curva de acumulación de grados día, los datos de frecuencia de heladas y frecuencia de temperaturas sobre los 30°C para la zona de Precordillera, depresión intermedia y secano costero.

En la Precordillera las heladas primaverales son probables hasta noviembre en Potrero Grande (Figuras 1.9a) y el Embalse Digua (Figuras 1.9c), coincidiendo con una acumulación térmica en torno a los 1100°C. En Colorado (Figuras 1.9b), por otra parte, esto ocurre en septiembre, con acumulaciones térmicas en torno a los 600°C. De la misma manera, las heladas en verano son probables hasta marzo en Potrero Grande y Embalse Digua, coincidiendo con una acumulación térmica en torno a los 1000°C, mientras que en Colorado ocurre en torno a fines de abril, con acumulaciones térmicas en torno a los 1300°C. Sin perjuicio de la probabilidad de ocurrencia de heladas, la frecuencia en cada mes es baja, siendo siempre inferior al 15% en invierno y menos del 1% en verano, por lo que no debiera de ser un limitante para el desarrollo de cultivo de arándanos o frambuesas.

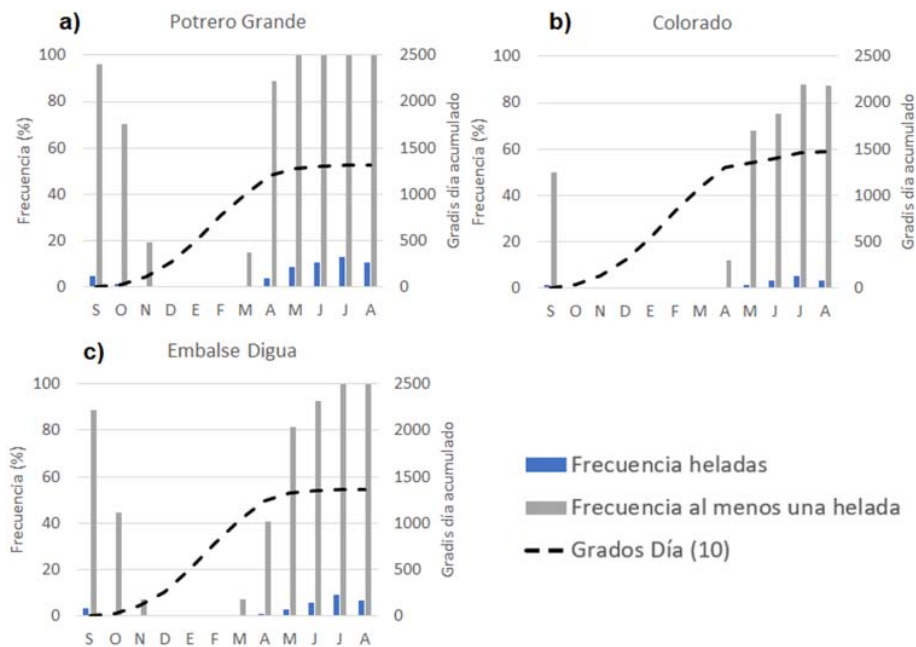


Figura 1.9. Frecuencia de heladas en las estaciones de Precordillera de la región del Maule.

En la Depresión Intermedia (Figura 1.10) el riesgo de heladas es alto, ya que la frecuencia de años en que al menos cae una en septiembre es de un 42% según registra el Aeródromo General Freire en Curicó, 30.7% en la estación de la Universidad Católica del Maule en Talca y un 38% en la estación de Parral. Aun así, en total caen pocas heladas en este mes, con frecuencias menores al 1% en todos los casos estudiados. En esta zona, las primeras heladas del año se registran en abril, habiendo una frecuencia alta de años que en dicho mes presentó al menos una helada, 22% en Parral y en torno al 12% en Curicó y Talca, alcanzándose a acumular antes del inicio de dicho mes 1370°C en base 10 en Curicó, 1326°C en Talca y 1218°C en Parral. Al igual que en la Precordillera, las heladas no debieran de ser un problema importante para el cultivo de berries.

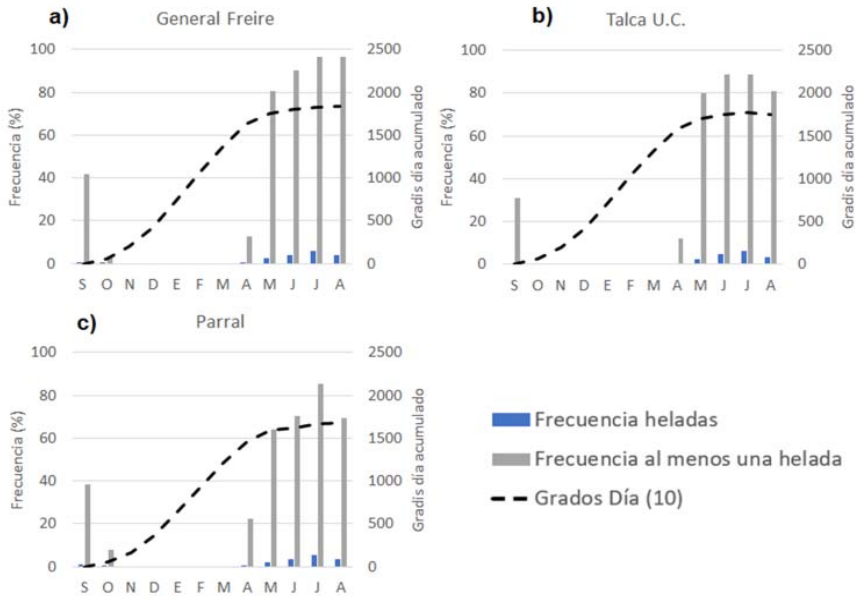


Figura 1.10. Frecuencia de heladas en las estaciones de la Depresión Intermedia de la región del Maule.

Respecto de las heladas, en el seco interior (Figura 1.11) son bastante infrecuentes, aunque en torno al 41% de los años evaluados presentó al menos una helada durante Septiembre. En este sentido, en esta zona se alcanzan a acumular en torno a 1500°C base 10 antes del 30 de abril, que es el periodo en que hay registros históricos de heladas (3%), y en torno a 1678°C antes del 31 de mayo, que es cuando la frecuencia de años con heladas en el periodo es considerable (43%). En la parte norte debiera observarse un periodo sin heladas más largo. En efecto, en la estación Deuca en Curepto, todos los registros de heladas son posteriores al 20 de mayo, los que ocurrieron en 2 de los 5 años de registro de dicha estación (datos sólo referenciales, dado el poco periodo de registros de la estación).

En el seco costero, aunque no hay estaciones con datos suficientes para un análisis climatológico, la frecuencia de las heladas es muy baja por el efecto marino.

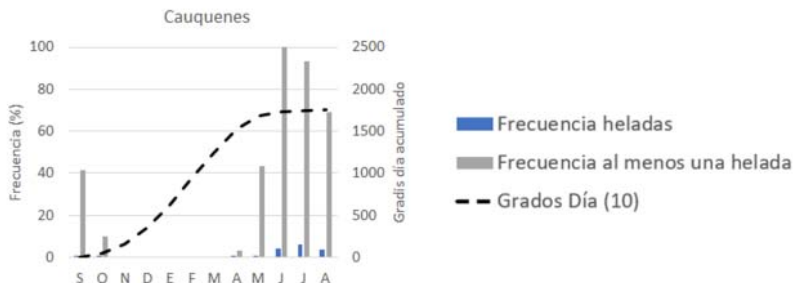


Figura 1.11. Frecuencia de heladas en las estaciones del Secano Costero de la región del Maule.

Las temperaturas potencialmente dañinas correspondientes a aquellas mayores a 30°C se dan con mayor frecuencia en enero, siendo frecuente la ocurrencia de al menos un evento en el mes en las estaciones estudiadas, salvo por Colorado en la Precordillera (Figura 1.12b). Sin perjuicio de lo frecuente que se registre al menos un evento de temperaturas sobre 30°C, en la Precordillera, este fenómeno tiene poca frecuencia mes a mes, lo que reduce su potencial de daño. De hecho, en esta zona la frecuencia mensual está en torno al 10% en enero, el mes en que ocurren más temperaturas altas potencialmente dañinas, 12% en Potrero Grande (Figuras 1.12a), 4.5% en Colorado (Figuras 1.12b) y 10% en Embalse Digua (Figuras 1.12c).

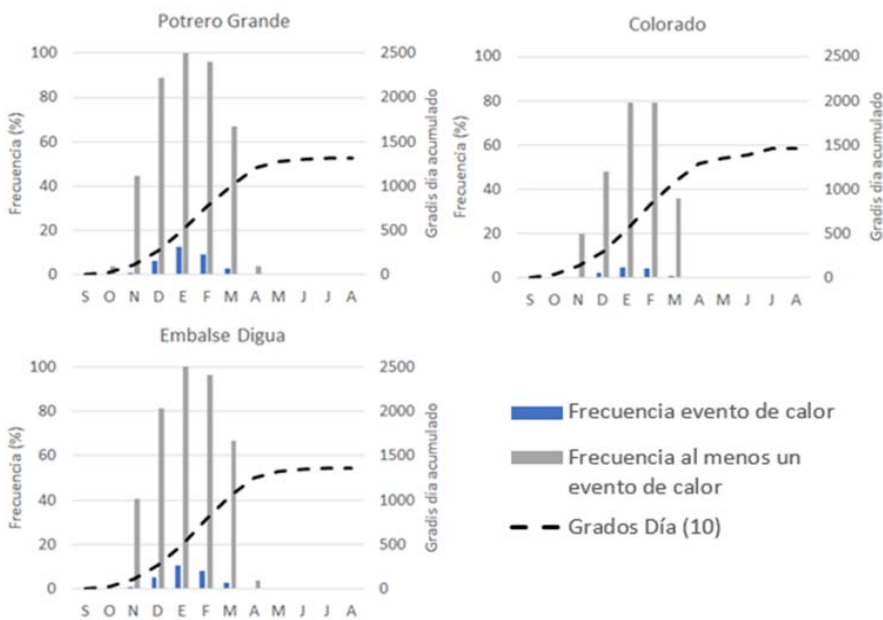


Figura 1.12. Frecuencia de temperaturas sobre 30°C en las estaciones de la Precordillera de la región del Maule.

En la Depresión Intermedia, la ocurrencia de temperaturas altas potencialmente dañinas, registran máximo en torno al 15% también en enero (Figura 1.13). Esta frecuencia muestra también el gradiente norte sur, siendo más frecuente la ocurrencia de temperaturas potencialmente dañinas en las estaciones del Norte, 17% según el registro de General Freire, (Figura 1.13a) que, en las estaciones del Sur, 14% según el registro de Parral (Figura 1.13c).

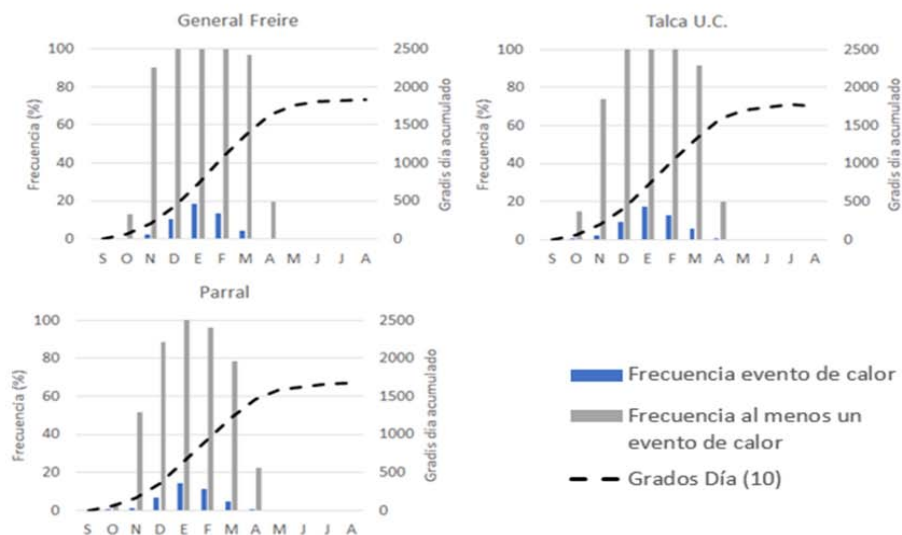


Figura 1.13. Frecuencia de temperaturas sobre 30°C en las estaciones de la Depresión Intermedia de la Región del Maule.

En el secano interior también se observa una frecuencia mensual alta de días con temperaturas altas potencialmente dañinas, alcanzándose valores en torno al 17.5% en la estación de Cauquenes en enero (Figura 1.14).

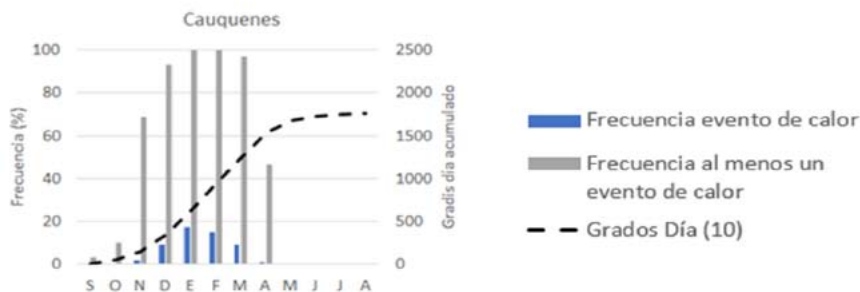


Figura 1.14. Frecuencia de temperaturas sobre 30°C en las estaciones del Secano Interior de la Región del Maule.

1.5 Tendencias y cambio climático

El cambio climático tendrá efectos importantes sobre la matriz productiva de la región (Vicuña *et al.*, 2011; Roco *et al.*, 2014). Es por ello que se presentará un análisis en base a los datos disponibles en la base de datos World-Clim. En específico se usaron las proyecciones del modelo MIROC6, por ser las que han demostrado mejor correlación con estaciones

meteorológicas chilenas. Se consideraron 2 escenarios de aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera: (i) aumento de concentración leve (RCP4.5), y (ii) aumento de concentración severo (RCP8.5), ambos proyectados para la década del 2060.

En la Región del Maule se proyecta un aumento de las temperaturas. En el caso de las temperaturas mínimas, este sería en torno a 0.5°C para el escenario leve (Figura 1.15a), y de 1.5°C para el escenario severo (Figura 1.15b). En ambos casos se observa que este cambio es sistemático a lo largo del año (Figura 1.15). Aunque las diferencias son pocas, se observa una ligera tendencia a que estos cambios sean mayores en la zona cordillerana, lo que tendría un efecto en la acumulación de nieve.

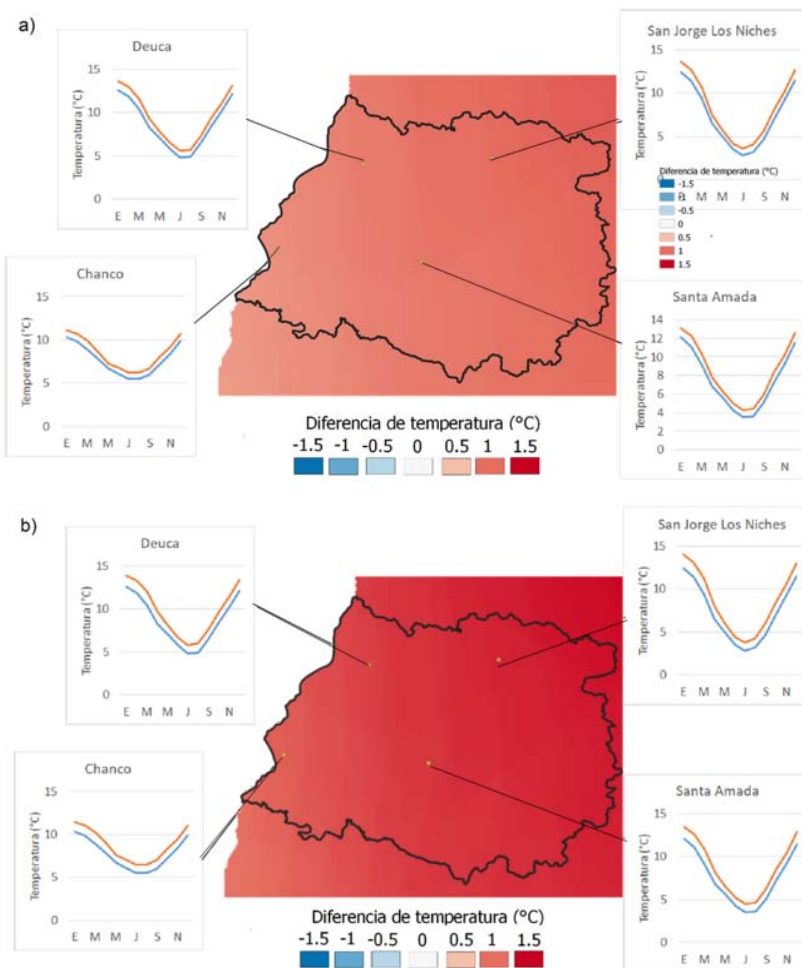


Figura 1.15. Diferencia de temperaturas mínimas (futuro - actual) esperada para los escenarios de cambio climático en la región del Maule: a) leve (RCP 4.5) y b) severo (RCP 8.5). En los gráficos la línea azul representa la condición actual y la roja la proyectada.

Las temperaturas máximas, por su parte, también proyectan un mayor aumento de las temperaturas para el escenario severo más que para el leve, siendo en torno a 3°C para el primer caso (Figura 1.16b), y en torno a 1°C para el segundo (Figura 1.16a). Al igual que en el caso de las temperaturas mínimas, se observa que este cambio es sistemático a lo largo del año, y con una leve tendencia a ser más marcado en la cordillera, con el consecuente impacto en la acumulación de nieve.

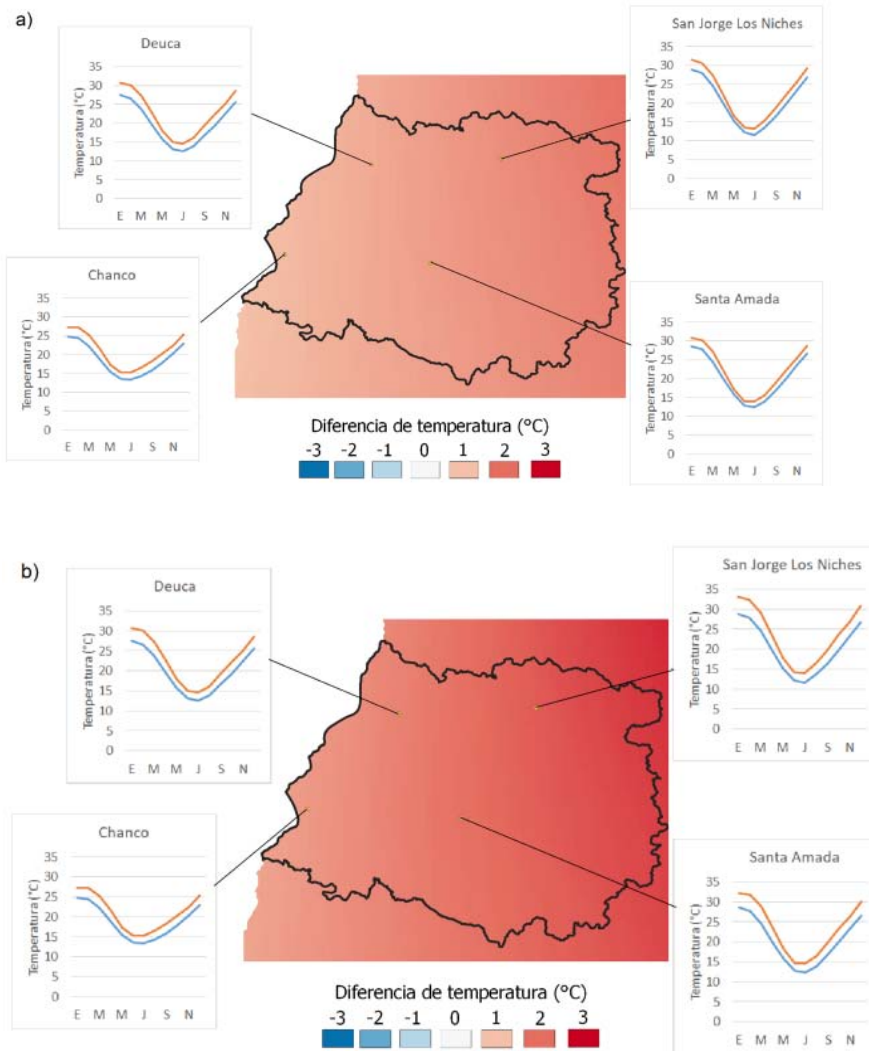


Figura 1.16 Diferencia de temperaturas máximas (futuro - actual) esperada para los escenarios de cambio climático en la región del Maule: a) leve (RCP 4.5) y b) severo (RCP 8.5). En los gráficos la línea azul representa la condición actual y la roja la proyectada.

En ambos casos se observa una tendencia al alza de temperaturas, lo que tendría efectos perjudiciales para los berries, siendo además más marcados en la zona con mayor aptitud para estos cultivos.

Las precipitaciones disminuirían principalmente en la costa, en torno al 10% respecto de la condición actual (Figura 1.17a) en el escenario leve, y de casi un 20% respecto de la condición actual en el escenario severo (Figura 1.17b). En ambos casos los mayores descensos ocurren entre mayo y noviembre, que es el periodo de mayor acumulación de agua.

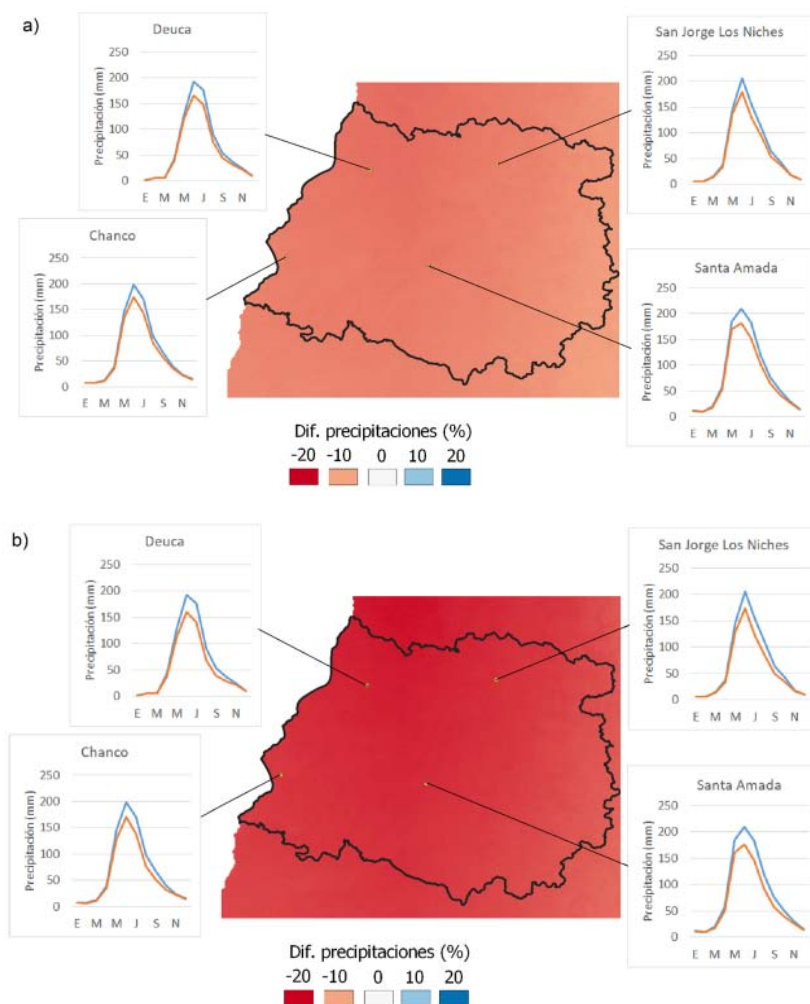


Figura 1.17. Diferencia porcentual de la precipitación ((futuro-actual)/actual) esperada para los escenarios de cambio climático en la región del Maule: a) leve (RCP 4.5) y b) severo (RCP 8.5). En los gráficos la línea azul representa la condición actual y la roja la proyectada.

1.6 Conclusión

La condición mediterránea de la Región del Maule contribuye a su realidad como una de las principales regiones agrícolas del país, destacando de sobremanera la producción frutícola. En el caso particular de los berries, la zona con mejor aptitud para su cultivo es la Precordillera, lo que se debe principalmente a la ventajosa condición de frío invernal, veranos benignos y poca frecuencia de temperaturas potencialmente dañinas. También se observa potencial en la depresión intermedia, aunque esta zona es ligeramente más cálida, lo que repercute en una aptitud menor.

El cambio climático disminuirá esta característica, dado que la condición favorable de frío se verá mermada. En este sentido, es importante empezar a evaluar medidas de adaptación, enfocadas en la selección de variedades con menores requerimientos de frío, y que soporten de mejor forma la mayor frecuencia de temperaturas altas.

Queda planteado el desafío de implementar estrategias prácticas para optimizar el uso de los recursos, eficiencia predial y desconcentración de la producción; entre ellos, el uso de coberturas protectoras, sistemas de riego con monitoreo frecuente, cultivo en sustrato y otros, considerando la diversificación varietal de las especies a cultivar.

Literatura citada

- Barry, R., & Chorley, R. *Atmósfera tiempo y clima* (1980). Barcelona, Omega
- Boisier, J. P., 2008. Bloqueos atmosféricos y bajas segregadas: climatologías, proyecciones y efectos sobre la variabilidad de la precipitación en Chile. Tesis para optar al título de Magister en Meteorología. Universidad de Chile.
- Boisier, J. P., Rondanelli, R., Garreaud, R. D., & Muñoz, F. (2016). Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile. *Geophysical Research Letters*, 43(1), 413-421.
- Garreaud, R. (2013). Warm winter storms in Central Chile. *Journal of Hydrometeorology*, 14(5), 1515-1534.
- Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso
- Aguila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*.
- Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., & Marengo, J. (2009). Present-day south american climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3-4), 180-195.
- Gómez-Zotano, J., Alcántara-Manzanares, J., Olmedo-Cobo, J. A., & Martínez Ibarra, E. (2015). La sistematización del clima mediterráneo: identificación, clasificación y caracterización climática de Andalucía (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, (61), 161-180.
- Oficina de Planificación Agrícola (ODEPA), 2009. Áreas climáticas homogéneas ambientales.
- Montecinos, A., & Aceituno, P. (2003). Seasonality of the ENSO-related rainfall variability in central Chile and associated circulation anomalies. *Journal of climate*, 16(2), 281-296.
- Saavedra, N., Müller, E. P., & Foppiano, A. J. (2002). Monthly mean rainfall frequency model for the central Chilean coast: Some climatic inferences. *International Journal of Climatology*, 22(12), 1495-1509.
- Roco, L., Engler, A., Bravo-Ureta, B., & Jara-Rojas, R. (2014). Farm level adaptation decisions to face climatic change and variability: Evidence from Central Chile. *Environmental Science & Policy*, 44, 86-96.
- Romero, H. (1985): *Geografía de los climas de Chile*. Tomo XI Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar (IGM). 237 pp.
- Saavedra, N., & Foppiano, Contribución a la Cinemática del Anticiclón del Pacífico Sur. *Geoacata*, 19, 95-110
- Vicuña, S., McPhee, J., & Garreaud, R. D. (2011). Agriculture vulnerability to climate change in a snowmelt-driven basin in semiarid Chile. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 138(5), 431-441.
- Zhang, C. (2013). Madden-Julian oscillation: Bridging weather and climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(12), 1849-1870. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00026.1>