

MANUAL DE AGROMETEOROLOGÍA

2° Edición
Año 2022



Dirección Meteorológica de Chile
Subdepartamento Climatología y Meteorología Aplicada
Sección Meteorología Agrícola

EQUIPO EDITOR

Juan Quintana
Jefe Sección
Meteorología Agrícola

María Carolina Vidal
Jefe Oficina
Aplicaciones Agrometeorológicas

Patricio Lucabeche
Jefe Oficina Servicios y Difusión
Meteorología Agrícola

EQUIPO AUTORES

Andrea Acevedo
Meteoróloga

Sofía Torrent
Meteoróloga

Sara Alvear
Ing. Agrónoma

Consuelo González
Meteoróloga

María Alejandra Bustos
Meteoróloga

Para más información

Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile
Av Portales 3450, Estación Central
Santiago

Sitio web: www.meteochile.gob.cl

Teléfono: +562 24364590-4539

Twitter oficial: @meteo Chile_dmc

Correo: datosagro@meteo Chile.cl

Foto de portada: Hierba de Yuyo (Brassica rapa) en los campos de Los Ángeles Región del Bío Bío. Autor: Juan Quintana.

Los mapas, límites regionales e internacionales contenidos en este manual son solo referenciales y no comprometen al Estado de Chile. La interpolación de mapas se realiza sólo con fines referenciales y didácticos.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I METEOROLOGÍA Y AGRICULTURA	5
1.1 Principales aspectos de la Meteorología	6
1.2 Agrometeorología	13
1.3 Cambio Climático	21
1.4 Eventos climáticos/meteorológicos extremos con impacto para el sector agropecuario	30
CAPÍTULO II INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA	47
2.1 Servicios climáticos	47
2.2 Climatología, pronósticos, modelamiento e información satelital	50
2.3 Productos e información de la Sección Meteorológica Agrícola y sus aplicaciones	54
2.3.1 Informe de Riesgo Agrometeorológico	55
2.3.2 Advertencias Agrometeorológicas	55
2.3.3 Pronósticos Agrometeorológicos	57
2.3.4 Boletines Agrometeorológicos	58
2.3.5 Boletín Agrometeorológico	61
2.3.6 Anuario Agrometeorológico	62
2.3.7 Resumen productos meteorológicos y climáticos de la Sección Meteorología Agrícola DMC y sus aplicaciones	62
2.3.8 Monitoreo de heladas y Monitor de sequía	65
CAPÍTULO III ACCESO Y DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA	69
3.1 Dirección Meteorológica de Chile (DMC)	69
3.2 Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA)	73
3.3 Difusión de información agrometeorológica	75
CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA APLICADA A LA AGRICULTURA	77
4.1 Variables agrometeorológicas	77
4.1.1 Temperatura del aire	78
4.1.2 Grados Día	81
4.1.3 Horas de frío	82
4.1.4 Heladas	84
4.1.5 Precipitación	85
4.1.6 Viento	87
4.1.7 Humedad relativa	88
4.1.8 Evaporación	89
4.1.9 Horas de sol	91
4.2 Ejemplo de aplicaciones	92
4.3 Red de estaciones meteorológicas automáticas y sus características	95
4.4 Normales Climatológicas	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS:	
ANEXO 1 Red de estaciones meteorológicas DMC - INIA - FDF	
Códigos de estaciones meteorológicas disponibles en https://climatologia.meteochile.gob.cl/	104
ANEXO 2 Glosario términos meteorológicos	107

INTRODUCCIÓN

La meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos que ocurren en la atmósfera y trata de definir el clima, predecir el tiempo meteorológico y comprender la interacción de la atmósfera con otros subsistemas dentro del sistema climático. El conocimiento de las variaciones climáticas ha sido siempre de suma importancia para el desarrollo de la agricultura, la navegación, las operaciones militares y la vida en general.

La agrometeorología o meteorología agrícola, constituye una ciencia particularmente relevante para abordar problemas importantes que enfrenta la humanidad en relación a la producción de las actividades del sector silvoagropecuario. Esta importancia radica en sus contenidos orientados al conocimiento de los componentes meteorológicos/climáticos de la biósfera, sus fundamentos teóricos, comportamientos, los mecanismos de control y de las disponibilidades climáticas y geográficas para la agricultura; así como también a la generación, difusión y aplicación de datos e información climática y a la promoción de estudios interdisciplinarios. Un manual de agrometeorología en este campo demanda especial atención porque representa la oportunidad para despertar el interés de los usuarios del dato meteorológico aplicado a las actividades agrícolas, en el camino de encontrar respuestas y soluciones a numerosos problemas ambientales críticos. Para un profesional o técnico de las ciencias agronómicas como es un ingeniero agrónomo o técnico agrícola, le permitirá hacer contribuciones importantes tanto en sus actividades profesionales específicas, como en lograr una sociedad más educada y mejor preparada para enfrentar de la mejor manera los temas meteorológicos y climáticos en el desarrollo y mantenimiento de mejores condiciones de vida. Por lo tanto, contar con el Manual de Agrometeorología actualizado, que considera las nuevas tecnologías y avances en el desarrollo de la meteorología y de la ciencia del clima, bajo un clima cambiante y de Cambio Climático, permitirá entregar a la comunidad agrícola, un buen uso y aplicación de los datos del tiempo y del clima para mejorar la eficiencia de la producción agrícola y la toma de decisiones adecuadas a las actividades que desarrollen.

El presente manual, aborda la parte conceptual de la meteorología y el clima y su vinculación con la agricultura, la información agrometeorológica que se genera en la Dirección Meteorológica de Chile, a través de informes, boletines y anuarios, así como el acceso al dato y la difusión de la información. Finalmente, se finaliza con el procesamiento del dato meteorológico y su aplicación al sector agrícola.

CAPÍTULO I

METEOROLOGÍA Y AGRICULTURA

La meteorología y el clima tienen una gran influencia en el desarrollo agrícola en el mundo. Los cultivos y la ganadería presentan una diversidad y disposición que están forzados por la disponibilidad de recursos (por ejemplo el hídrico), así como por las condiciones climáticas reinantes en una determinada zona. A pesar de los avances tecnológicos aplicados al sector agropecuario, que han permitido mejorar medidas preventivas y de adaptación a la variabilidad climática, aún siguen siendo los eventos meteorológicos y climáticos, determinantes para la producción agropecuaria. Es por esto, y considerando los escenarios de cambio climático, que el fortalecimiento en el desarrollo y la entrega de información oportuna de los Servicios Agrometeorológicos tienen cada vez más un rol fundamental para enfrentar los desafíos climáticos actuales y futuros (OMM, 2010).

Para cumplir con este rol dentro del sector agropecuario, se pueden definir los siguientes objetivos prácticos para la agrometeorología:

- a. Contribuir en la optimización de la productividad agrícola, aprovechando al máximo las potencialidades climáticas.
- b. Contribuir en la disminución del riesgo agrícola, el cual involucra las pérdidas potenciales generadas por fenómenos meteorológicos adversos tales como: heladas, olas de calor, precipitación extrema, sequía, tormentas, granizos, plagas, enfermedades, etc.

Para concretar en parte estos objetivos, es necesario mantener una interacción entre los usuarios, profesionales y técnicos del área de meteorología agrícola, ya sea a través de las distintas plataformas de comunicación y de entre-

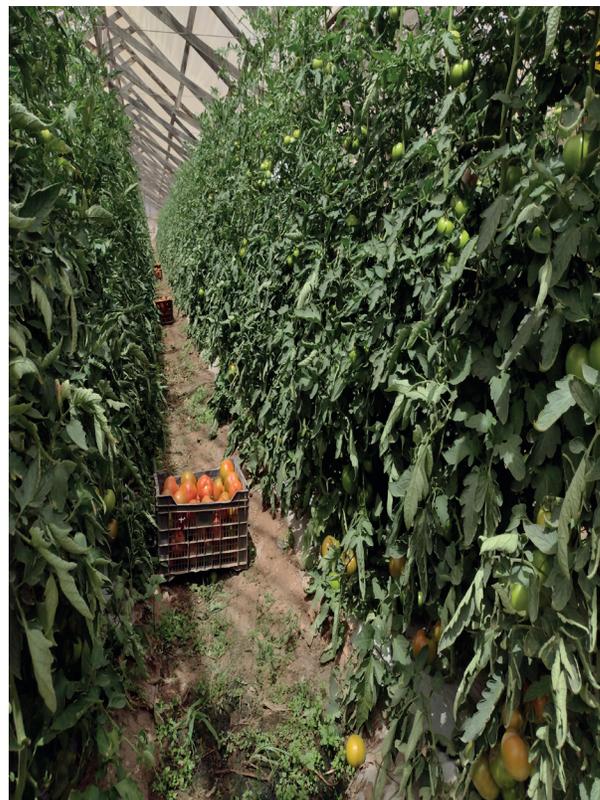


Fig.1. Fotografía cultivos de tomates en Quillota, R. Valparaíso. Créditos: Carolina Vidal.

ga de información (teléfonos, e-mail, www.meteochile.gob.cl) y dependiendo de los recursos, visitas a terreno a los agricultores; incluyendo capacitaciones como ha sido el caso del último Convenio (año 2019) entre la DMC y el Instituto de Desarrollo Agropecuario de Chile (INDAP) enfocado a pequeños agricultores desde la Región de Coquimbo a La Araucanía. Estas formas de interacción con los agricultores, han permitido dar a conocer las herramientas disponibles, y que pueden aportar a una mejor planificación de sus actividades. Así mismo, las instancias de conversación otorgan la oportunidad de conocer de parte de los propios agricultores sus necesidades de información.

1.1. PRINCIPALES ASPECTOS DE LA METEOROLOGÍA

Para comenzar una revisión general de la meteorología, es necesario tener claridad y comprender tres conceptos asociados a esta ciencia que tienden a utilizarse de forma errónea. En lo cotidiano existe una utilización común en torno a tres palabras: *meteorología*, *tiempo* y *clima*, cuando se hace referencia a las condiciones atmosféricas. Sin embargo, de acuerdo a la OMM estos conceptos son diferentes y sus definiciones son las siguientes:

Meteorología: es la ciencia que estudia la atmósfera y sus fenómenos (OMM, 1992).

Tiempo: se refiere y se utiliza para describir la variación diaria de la atmósfera. Es decir, el estado o cambio de la nubosidad, temperatura, humedad, precipitación, entre otras variables. Por lo tanto, se relaciona al pronóstico de las condiciones atmosféricas (OMM,2010).

Clima: este concepto se refiere a la descripción del promedio a largo plazo del tiempo atmosférico. Es decir, que al describir el clima de una región, se necesita recopilar valores históricos de variables meteorológicas, aplicar un proceso estadístico para la estimar los valores diarios, mensuales y anuales de los datos meteorológicos, así mismo como su variabilidad (OMM,2010).

Ejemplos:

Tiempo **17.8°C** **Temperatura máxima** miércoles 27 septiembre 2022 en Curicó

Clima **17.8°C** **Temperatura máxima media normal** para el mes de septiembre en Curicó, de acuerdo a la climatología 1991-2020

Puesto que la Meteorología comprende el estudio de la atmósfera y sus fenómenos, en primer lugar se debe comprender, en términos generales, qué es la atmósfera. En una definición simple la atmósfera corresponde a una capa gaseosa que envuelve a la Tierra. Los gases principales que componen la totalidad de la atmósfera seca, son el nitrógeno y el oxígeno. Además, contiene pequeñas cantidades de argón, helio, dióxido de carbono, ozono, metano y muchos otros gases traza. Junto a estos gases, la atmósfera, también contiene vapor de agua, nubes y aerosoles (OMM, 2003)

Esta capa gaseosa comprende un espacio de aproximadamente 1000 km desde la superficie de la Tierra hasta fusionarse con el espacio. Su composición crea distintas capas, las cuales caracterizan diferentes fenómenos posibles de producirse a diversas alturas desde la superficie al espacio. La Fig.2, ilustra las 5 capas de la atmósfera y sus alturas aproximadas. La capa que se ubica a mayor distancia de la superficie corresponde a la Exósfera, luego la Termósfera y la Mesósfera. La Estratósfera es una capa que está compuesta por un conjunto de subcapas, caracterizadas por ubicar aire caliente y ligero en la parte superior y aire frío y pesado en la parte inferior. Aquí se ubica la capa de ozono, que absorbe la mayor parte de la radiación ultravioleta (UV) que proviene desde el sol. La capa más cercana a la superficie corresponde a la **Tropósfera** y corresponde a la capa comprendida entre la superficie y aproximadamente 10 km de

altitud en latitudes medias, variando entre 9 km y 16 km, en promedio, en latitudes altas y en trópicos, respectivamente. Las temperaturas suelen disminuir con la altura y el aire es más denso que en otras capas. Es aquí donde se producen los fenómenos meteorológicos y se encuentran las nubes.

La atmósfera en su interacción con el planeta Tierra forma parte de un sistema bastante complejo, denominado **sistema climático**, el cual está compuesto por la hidrósfera, criósfera, litósfera, biósfera y atmósfera (Fig.3). Este sistema presenta una evolución en el tiempo, asociada a la interacción de sus componentes, que forman una dinámica interna, y producto del impacto de forzamientos externos tales como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como lo son el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo (IPCC,2014).

Atmósfera y sus capas



Fig.2. Esquema ilustrativo de la atmósfera y sus capas. El esquema presenta una escala aproximada de las alturas de las capas respectivas. Fuente: DMC.

Biósfera

Abarca todos los ecosistemas y organismos de la atmósfera y de la tierra (biósfera terrestre) o de la atmósfera y los océanos (biósfera marina), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos (IPCC,2014).

Litósfera

Capa superior de la parte sólida de la Tierra, tanto continental como oceánica, que abarca todas las rocas de la corteza y la parte fría, en su mayor parte elástica, del manto superior. La actividad volcánica, pese a tener lugar en la litósfera, no está considerada como integrante del sistema climático, aunque actúa como factor de forzamiento externo (IPCC,2014).

Hidrósfera

Componente del sistema climático que incluye las superficies en estado líquido y las aguas subterráneas, y que abarca océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas freáticas, etc. (IPCC,2014).

Criósfera

Denota todas las regiones situadas encima y debajo de la superficie terrestre y oceánica en las que el agua se halla en estado sólido, como en los hielos marinos, los hielos lacustres, los hielos fluviales, la capa de nieve, los glaciares y los mantos de hielo, así como el terreno congelado (incluido el permafrost) (IPCC,2014).

Sistema climático

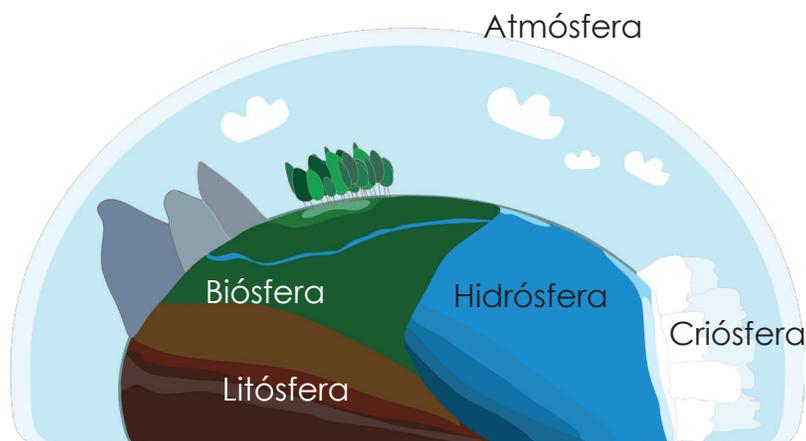


Fig.3. Esquema ilustrativo del Sistema Climático. Fuente DMC.

BALANCE RADIATIVO

El gran rotor del sistema climático es la energía solar y su transferencia entre los componentes del sistema. Los distintos procesos que interactúan dentro del sistema climático dependen de la energía procedente del sol. Estos procesos tienen que ver con cuánta energía solar es absorbida por la Tierra y cómo esta energía que llega a la superficie terrestre se vuelve a irradiar en longitudes de onda más largas al espacio en forma de radiación infrarroja terrestre o también llamada radiación de onda larga terrestre (ROL).

Con el tiempo, el sistema climático de la Tierra se mantiene en un sistema estable de **balance de energía** que significa que la energía del sol recibida en el tope de la atmósfera es igual a la que se pierde (Fig.4). Gran parte de nuestro conocimiento del sistema climático se basa en descubrimientos realizados a fines del siglo XIX sobre las leyes físicas básicas de emisión y absorción de radiación electromagnética y cómo se relacionan con la radiación solar entrante y la radiación terrestre saliente. La otra parte de nuestra comprensión del balance de radiación proviene del descubrimiento de cómo los gases atmosféricos y otros componentes del sistema climático (p.ej., la superficie terrestre, las nubes, los aerosoles y las partículas) absorben y re-irradian la energía en la superficie terrestre. Por ejemplo, la vegetación verde absorbe más radiación solar que la nieve brillante. Las nubes, así como los gases de efecto invernadero tales como el vapor de agua y el dióxido de carbono, también juegan un papel importante en el proceso de balance radiativo que llega a la superficie terrestre y responsables de mantener una temperatura promedio de 14°C a escala global (OMM, 2003).

BALANCE DE ENERGÍA

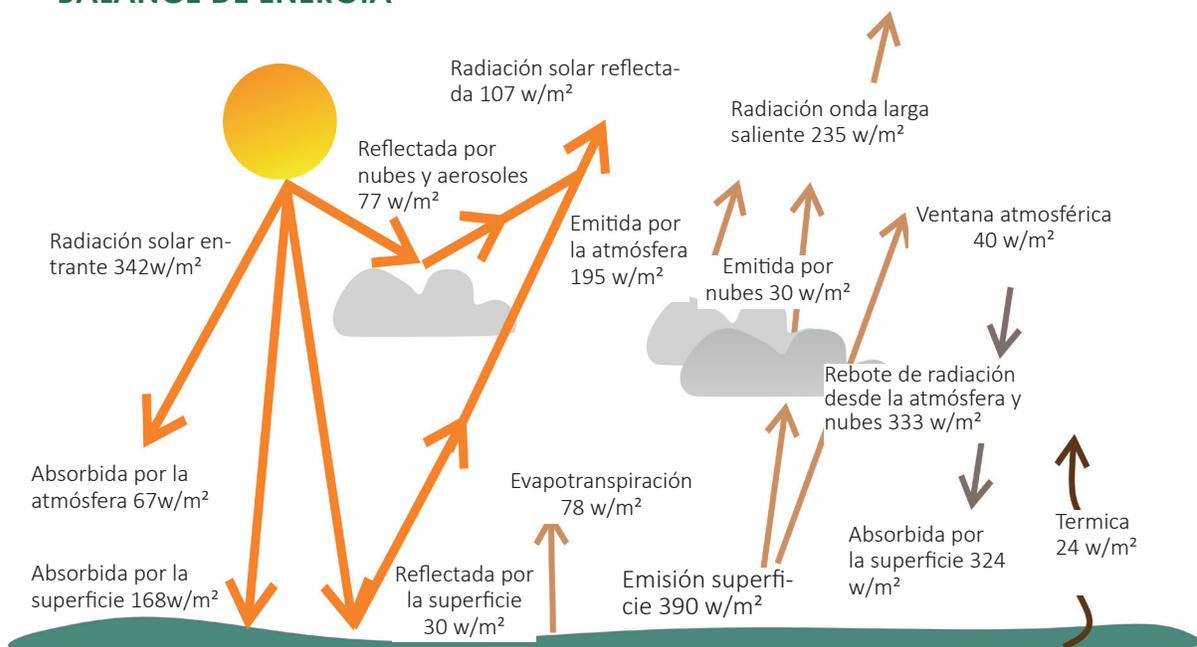


Fig.4. Esquema ilustrativo del Balance Energético terrestre. Este balance representa la radiación entrante a la superficie terrestre, reflejada por distintos elementos, absorbida y reemitida por estos. La unidad de medida de la radiación es en watts por metro cuadrado. Los valores indicados son los aproximados estándar. Fuente DMC.

Es sabido que la radiación es la transferencia de energía mediante ondas electromagnéticas. Esta relación varía desde ondas de radio muy largas hasta rayos gamma ultracortos. Para el caso de la radiación del sol, esta se concentra en las longitudes de onda ultravioleta, visible y del infrarrojo cercano, mientras que la radiación terrestre saliente se concentra en longitudes de onda más largas del infrarrojo medio. La Fig.4. muestra el balance de energía del sol que entra la atmósfera y la que sale de la superficie terrestre, junto a los procesos de interacción entre la radiación absorbida, reflejada y emitida (OMM, 2003).

CIRCULACIÓN GENERAL DE LA ATMÓSFERA

La circulación general de la atmósfera terrestre, nace de los procesos radiativos de la energía proveniente del sol y de la rotación terrestre. Se inicia con los sistemas de vientos a través del movimiento de masas de aire entre el ecuador y los polos y afecta a todo el planeta. Las diferencias de temperatura y presión que existen en la capa gaseosa entre la zona ecuatorial y regiones polares generando estructuras tipo celdas de circulación. El desplazamiento se origina en el ecuador, donde las temperaturas altas propician que se calienten las masas de aire; al calentarse, se elevan hasta la tropopausa, de ahí se desplazan hacia los polos, pero al ser afectadas por el efecto de Coriolis producto de la circulación terrestre, se desvían hacia el oeste en el hemisferio sur, en forma de ondas atmosféricas, dando origen a los vientos de los oeste y generación de los sistemas frontales. Existen tres celdas atmosféricas para el hemisferio sur y tres para el hemisferio norte, sus nombres son: célula de Hadley, célula de Ferrel y célula Polar.

En Chile, la circulación general de la atmósfera se representa en superficie por un área de altas presiones que se ubica sobre el océano Pacífico sur oriental, frente a las costas de la zona norte y central del país y permanece la mayor parte del año. Esta condición atmosférica, mantiene una reducida o nula precipitación en la región norte y vientos costeros provenientes del sur. Más al sur, se presenta el desplazamiento de sistemas frontales que provenientes desde el oeste por sobre el océano Pacífico, aporta con las precipitaciones estacionales de invierno en la zona central y sur y casi todo el año en la zona austral.

Los sistemas frontales y bajas presiones, se asocian al desplazamiento de masa de aire frío proveniente de las regiones australes y subpolares, provocando además de la precipitación el descenso de la temperatura del aire. Otros fenómenos meteorológicos que afectan al país, corresponden a la baja costera o vaguada costera (indicada por b en la Fig.5), que genera abundante nubosidad y lloviznas en el borde costero y aumento de la temperatura del aire en los valles interiores de la zona norte y central del país.

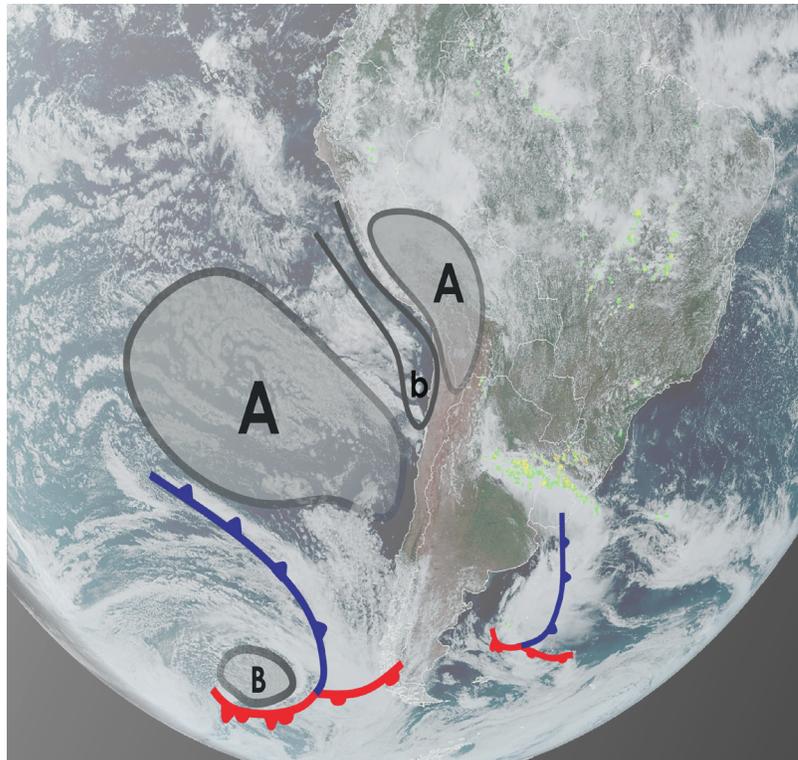


Fig.5. Esquema ilustrativo de la configuración sinóptica dominante en Chile. Los patrones sinópticos corresponden al Anticiclón Subtropical del Pacífico Sureste, baja costeras o vaguada costera (b), sistema frontal frente frío y cálido frente a las costas de la zona sur y austral del país (líneas en color azul y rojo) y centro de baja presión atmosférica en el océano austral (B). Fuente DMC.

LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO - LA NIÑA EN LA AGRICULTURA

El evento climático conocido como Fenómeno de El Niño y La Niña, genera cambios meteorológicos, oceanográficos y climáticos en cada una de sus fases.

El Niño

En la fase de “El Niño” en invierno y primavera se presenta, la mayoría de las veces, un aumento en las lluvias y temperaturas por sobre lo normal en la zona central y centro-sur del país, donde la actividad agrícola puede verse favorecida en la producción al contar con una mayor disponibilidad del recurso hídrico. Con una primavera más húmeda y cálida, las enfermedades fungosas en los cultivos es un potencial riesgo agrometeorológico que afecta la producción, la calidad y el rendimiento.

La Niña

Por el contrario, durante la fase “La Niña”, se producen efectos contrarios. En invierno, en la zona central y centro-sur disminuyen las lluvias y se produce un descenso de las temperaturas, con una mayor frecuencia de heladas. La sequía es un rasgo característico de La Niña en Chile, originado por una baja presencia de sistemas frontales y altas presiones persistentes la mayor parte del año. En primavera en años de La Niña, se mantienen las bajas precipitaciones, pero crece el riesgo de heladas, lo que pone en alerta a la agricultura, especialmente a la fruticultura.

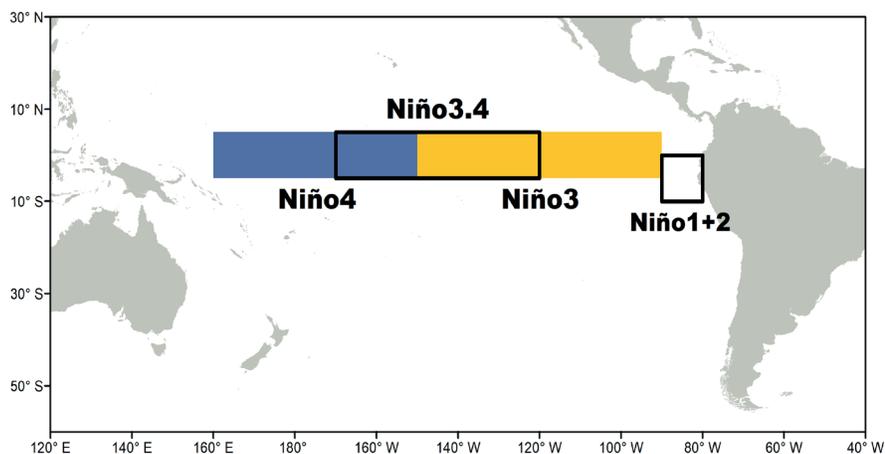


Fig.6. Esquema de las regiones características del Niño, asociado a las temperaturas superficiales del mar. Fuente: CIIFEN <https://ciifen.org/>

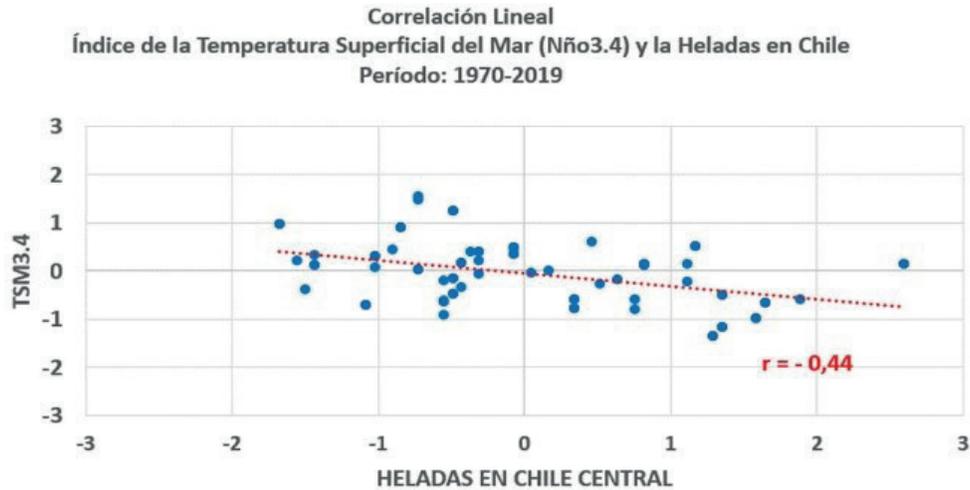


Fig.7. Se presenta la correlación lineal entre el Índice de la temperatura superficial del mar (TSM) correspondiente al área de El Niño3.4 (5°N-5°S; 120°W-170°W) y la anomalía estandarizada del número de días con heladas que se registraron en la zona central del país (Curicó y Chillán), entre los años 1970-2019. Fuente: DMC

En presencia de un evento La Niña, el Anticiclón Subtropical del Pacífico suroriental, se intensifica aún más, aumentando su área de acción más al sur de lo normal e impidiendo el normal desplazamiento de los sistemas frontales que provienen de la región oeste del Pacífico. Esta condición atmosférica permite la menor frecuencia de bandas nubosas frontales hacia la zona central y norte, y además inhibe el normal desarrollo de la nubosidad de los frentes, que son imprescindibles para la generación de la precipitación. Esta condición también favorece un mayor enfriamiento nocturno incrementando la caída de la temperatura y la consecuente aparición de un mayor número de heladas, especialmente como se presentó durante el invierno de 2007.

Un anticiclón subtropical más intenso, también favorece el desplazamiento de masas de aire más frío, moviéndose desde el sur hacia la zona central del país. Correlaciones lineales realizadas entre las anomalías de la temperatura superficial del mar del Pacífico ecuatorial central (TSM 3.4, Fig.6.) y la anomalía estandarizada del número de días heladas ocurridas en Chile Central. Por el contrario, en los años de El Niño, en donde las aguas oceánicas son anormalmente más cálidas en el Pacífico ecuatorial central favorece que las masas de aire frío, entre mayo y septiembre, que se mueven por la zona de latitudes altas, no se aproximen con mayor frecuencia a la zona central y sur del país, reduciendo de esta manera la mayor frecuencia de heladas y períodos fríos prolongados.

1.2 AGROMETEOROLOGÍA

Los conceptos revisados anteriormente sobre Meteorología y Climatología, son aplicados al sector agropecuario: *agrometeorología y agroclimatología*. La OMM define la agrometeorología como el estudio de la interacción entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, y la agricultura en el sentido más amplio, incluyendo la horticultura, la ganadería y la silvicultura (OMM N°182). En tanto, la Agroclimatología o Climatología Agrícola estudia los efectos del clima (incluyendo su variabilidad y sus cambios) sobre la agricultura en el sentido más amplio (OMM N°182).

En referencia a lo agrometeorológico, es decir la interacción entre el tiempo y la agricultura, se pueden reconocer impactos directos e indirectos, esto en referencia a que los parámetros meteorológicos pueden afectar a las actividades agrícolas, directamente, en el sentido que condicionan una actividad específica; por ejemplo, al producirse precipitaciones estas pueden anular la efectividad de algunos pesticidas, debido a su dilución y arraste. Mientras que en otras situaciones ciertos factores meteorológicos inciden en la creación condiciones que influyen al relacionarse con otros factores ambientales, por ejemplo el comportamiento de la temperatura y la humedad puede condicionar la intensidad de plagas y enfermedades, siendo esta una interacción agrometeorológica indirecta (OMM N°134)

Al enfrentarse a los distintos tipos de interacciones entre lo meteorológico - climático y la extensa gama de aspectos agrícolas y pecuarios del país, se evidencia la necesidad de tener una comprensión base de cómo ciertas variables meteorológicas influyen en aspectos generales del sector agropecuario, que permitan fomentar una búsqueda de especificaciones para cada tipo de actividades del sector en las distintas plataformas existentes en la actualidad.

A continuación se ejemplificará la influencia de 3 variables meteorológicas: temperatura, precipitaciones y viento, con el fin de exponer una primera referencia en torno a la relación entre variables meteorológicas y su impacto (beneficioso o perjudicial) en diferentes ámbitos del sector agropecuario. Es relevante comprender la complejidad y amplitud existente tanto en las características de una variable meteorológica (intensidad, variabilidad, dirección, persistencia, etc.) y las distintas especies vegetales, frutales y animales, que en conjunto generan un número exponencial de interacciones. En el capítulo IV, se expondrá la definición, cálculo y acceso disponible a distintas variables agrometeorológicas que se publican en el siguiente sitio en <https://climatologia.meteochile.gob.cl/>.

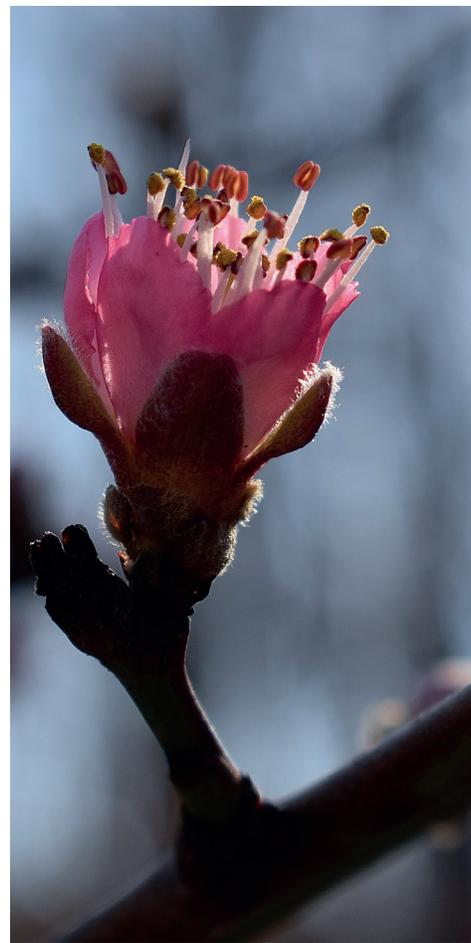


Fig.8. Fotografía estado de floración frutal. Fuente DMC

TEMPERATURA

La temperatura es uno de los parámetros de mayor importancia en un análisis climático. Desde el punto de vista agronómico, la temperatura es uno de los aspectos principales que controla el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, así como también su distribución en el país. En la complejidad de los procesos fisiológicos de las plantas, y en particular de cada tipo de vegetal, se consideran rangos o umbrales de temperaturas ideales para un desarrollo óptimo. Por lo cual, el análisis del comportamiento de la temperatura del aire a distintas escalas temporales: diarias, mensuales, estacionales o anuales y en términos climáticos, valores normales o absolutos, constituyen una herramienta esencial para la planificación de cultivos asociada a un determinado proyecto agrícola.



Fig.9. Fotografía de cultivos anuales en Chile.

Fuente: Mundo Agro.

Cabe mencionar que la determinación de información de una zona geográfica específica de planificación agrícola, depende de la disponibilidad de datos y por ende de las estaciones meteorológicas automáticas disponibles en la zona, así como también de técnicas estadísticas de interpolación que permiten estimar, en base a datos cercanos, el comportamiento promedio de las temperaturas en una zona. Por ejemplo, existen cultivos de estación fría como el trigo, avena, cebada y centeno que requieren, en términos generales, temperaturas comparativamente bajas: mínimas entre 4 a 5° C, óptimas entre 18 a 26°C y máximas entre 30 y 35°C. En cambio, cultivos de verano como el melón y sandía necesitan temperaturas mucho mayores: mínimas en torno a los 15° C, óptimas entre 18 y 29° C y máximas entre 35 y 36°C.

Además, dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta existen necesidades térmicas particulares para un crecimiento óptimo, por ejemplo, exigiendo un período de bajas temperaturas durante la germinación y estados iniciales de la plántula. Otras especies bianuales deben recibir un tratamiento de frío en el primer año de crecimiento para poder inducir la formación de yemas florales y, subsecuentemente, la floración durante el segundo año.

Otro ejemplo de incidencia de la temperatura en un proceso fisiológico específico de los frutales, corresponde a las necesidades térmicas para un funcionamiento óptimo de los procesos de polinización. En condiciones ideales durante la floración, se asocian los siguientes rangos de temperatura a determinados procesos:

Rango de temperaturas	Proceso de la floración afectado
Inferior a 5°C	El polen no germina
5 a 10°C	El tubo polínico crece lento, dificultando alcanzar el ovario, lo que puede degenerar que los óvulos sean inviábiles, o bien puede abortar el estilo, cuya vida es de sólo algunos días.
Superior a 10°C	El polen de ciruelos, manzanos y perales germina y fecunda a los óvulos en el plazo de 2 a 4 días.
15 a 21°C	La germinación se produce en condiciones óptimas
28 a 30°C	Crecimiento irregular o ruptura del tubo polínico y también desecación de los estilos (estigma).
Superior a 30°C	Pérdida de flores y frutos recién cuajados

Fig.10. Tabla resumen de ejemplo de temperaturas y procesos de floración en frutales afectados. Fuente: Curihuinca, 1993.

La duración de la floración (tiempo transcurrido entre la apertura de las primeras flores y la caída generalizada de pétalos) es normalmente de 10 a 25 días, y tiende a acortarse cuando el invierno ha sido frío y las temperaturas primaverales altas. Por el contrario, inviernos suaves y primaverales frías alargan la floración y la hacen más irregular y dispersa, lo que atrasa los estados fenológicos. Por otra parte, las temperaturas controlan indirectamente el éxito de la polinización a través de un efecto sobre la actividad de los insectos, estimándose que bajo los 10°C las abejas se muestran muy poco activas, mientras que el vuelo es máximo entre los 20 y 22°C.

En este ejemplo de los procesos de floración y valores o rangos de temperaturas ya sean óptimas o de afección para un adecuado desarrollo, se pueden distinguir distintas escalas de tiempo de información meteorológica de utilidad. En principio la información climática de la temperatura puede entregar disposiciones de cultivos adecuados, asociados a los periodos de floración características de cada variedad. En tanto, valores térmicos del último invierno o primavera, como se mencionó anteriormente pueden estimar los tiempos de floración. Mientras que los pronósticos estacionales, es decir la estimación a 3 meses de condiciones cálidas, frías o normales; los pronósticos semanales y a corto plazo (ver capítulo III), pueden permitir planificar y activar procesos preventivos para disminuir efectos negativos en los procesos de polinización.

La temperatura en asociación con otras variables como la humedad relativa, viento y precipitaciones (aumento o disminución) pueden accionar la ocurrencia de plagas y enfermedades. En esta misma línea la aplicación de productos químicos está sujeta, para su debida aplicación y utilización, a la temperatura y la precipitación durante las 24 horas que siguen a la misma, así como la velocidad y la dirección del viento en el momento de la aspersión. Las temperaturas en el momento de la aplicación y en el período inmediatamente siguiente, son de extrema importancia y pueden determinar la eficacia o toxicidad de los agroquímicos.

Así también la variación de la temperatura mínima está asociada a eventos extremos que implican pérdidas importantes asociadas a la ocurrencia de heladas. En tanto, el comportamiento térmico en combinación con sequías puede condicionar un estrés hídrico - térmico, incendios, etc. En aspectos técnicos de cálculos asociados a la temperatura, existen indicadores como lo son las Horas de Frío, Grados día, evapotranspiración e índices de sequía (revisar capítulo II 2.3.7), que entregan información para usos específicos y generales, respectivamente. En los capítulos siguientes serán descritos los indicadores agroclimáticos.



Fig.11.Fotografía representativa polinización cerezos. Fuente: Smartcherry.

PRECIPITACIÓN

Una característica particular del clima es su variabilidad, la cual hace difícil predecir cómo se presentará un año agrícola determinado, en cuanto a número de eventos de precipitaciones. Considerando que el agua ejerce efectos directos e indirectos sobre las plantas, esta desempeña un rol fundamental en la producción de los vegetales. Por otro lado, el agua tiene una acción indirecta muy importante en la nutrición de la planta, actuando en la disolución de los elementos químicos vitales para su desarrollo y en la actividad de los microorganismos del suelo.

Un comportamiento normal de las precipitaciones anuales, en regiones con ciclos de precipitación favorables, proporciona un adecuado grado de humedad en el suelo. Una buena distribución de las lluvias, permite una disgregación del suelo cuando es cultivado, se prolonga la vida útil de las praderas naturales, los cultivos que vegetan logran un mejor aprovechamiento de la humedad, y se alcanzan mayores rendimientos teóricos.

A lo largo del país, los rendimientos de cultivos y requerimientos de la ganadería se han enfrentado a un considerable cambio de disponibilidad hídrica, esto debido a la sequía experimentada en la última década y la ocurrencia de eventos extremos de precipitación intensa y fuera de temporada en algunos casos. En términos climáticos, la Fig.12. muestra la variación experimentada en lo considerado normal, respecto a los periodos climáticos 1981-2010 y 1991-2020, considerando que el periodo actual (1991-2020) considera la última década con persistencia de años con déficit de precipitación, principalmente en la zona central del país. .

Precipitación acumulada anual (mm) normal

Estación	Climatología <u>1981-2010</u>	Climatología <u>1991-2020</u>	Diferencia en porcentaje (% de disminución)
La Serena Ad.	86,7	83,1	4%
Valparaíso	413,1	363,1	12%
Quinta Normal	341,8	286,2	16%
Santo Domingo Ad.	485,4	422,5	13%
Curicó Ad.	658,0	595,9	9%
Chillán Ad.	1058,8	936,4	12%
Concepción.	1090,3	984,2	10%
Temuco Ad.	1150,0	1114,7	3%
Valdivia Ad.	1753,0	1722,3	2%
Osorno Ad.	1246,5	1235,5	1%
Puerto Montt Ap.	1613,2	1565,6	3%

Fig.12. Tabla de valores de precipitación acumulada anual normal expresada en milímetros (mm), con climatología periodo 1981-2010 y 1991-2020 para estaciones meteorológicas de la DMC, ubicadas desde la Región de Coquimbo a Los Lagos. Al lado derecho se presenta un esquema con la diferencia (expresada en porcentaje) entre los dos periodos. (Ad. Aeródromo- Ap. Aeropuerto) Fuente : DMC.

En suma a la disponibilidad de precipitaciones existen factores fisiológicos y de suelo que influyen en aspectos de requerimientos hídricos. Por ejemplo, los cultivos de arraigamiento profundo, de raíces sanas y cuya vegetación no cubra toda la superficie del suelo, tienen una necesidad de aporte de agua menos a los cultivos de arraigamiento superficial, con raíces enfermas o en que la vegetación cubra completamente la superficie del suelo, debe haber un mayor aporte hídrico.

Así también el suelo es un importante factor en la efectividad de una precipitación. Según la textura un suelo puede almacenar una mayor o menor cantidad de agua. Por ejemplo, si un suelo es arenoso, tiene una baja capacidad de retención de humedad; en cambio, suelos arcillosos retienen mayor cantidad de agua.

Otro aspecto, a nivel de eventos de precipitación se refiere, con su asociación a aplicaciones de pesticidas. Generalmente, todos los pesticidas deben ser aplicados sin que haya precipitaciones al momento de aplicar y en las 24 a 48 horas después de asperjado el agroquímico. Dicha generalidad presenta también algunas excepciones a la regla, debido a que algunos productos fitosanitarios (herbicidas del suelo) son aplicados antes de una lluvia con la finalidad que sean incorporados al suelo con ésta; otros son asperjados junto a la lluvia para lograr un efecto de control mayor, especialmente en racimos compactos de uva y en pomáceas (*botrytis*, *venturia*), etc. La importancia de que no haya precipitaciones cuando se aplican la mayor parte de los pesticidas radica en que se produce una disolución y lavado del producto asperjado; ello redundaría en nuevas aplicaciones por pérdida de insumos, gastos en maquinaria, pérdida de tiempo, deterioro ambiental, etc. Todo ello significa, finalmente, mayores costos al productor.

Muchas enfermedades inician su actividad patogénica en presencia de alta humedad o presencia de agua en el follaje. Dependiendo de la época en que ocurran las lluvias y los estados fenológicos de los cultivos, será el grado de daño que se produzca. Por citar algunas de ellas se puede indicar la *venturia* en manzanos y perales que ataca entre septiembre y diciembre, la *monilia* o tizón de la flor en septiembre, la pudrición parda que afecta a los cítricos con las primeras lluvias de otoño y las royas o polvillos de los cereales, cuando estos se encuentran en pleno período de crecimiento y reproducción.

VIENTO

Se comprende por viento, en términos generales, al movimiento del aire. Los vientos globales se generan como consecuencia del desplazamiento del aire desde zonas de alta presión a zonas de baja presión, determinando los vientos dominantes de un área o región. Las características geográficas propias de una zona influyen y determinan la intensidad y periodicidad de los movimientos del aire. Estos factores, difíciles de simplificar por su multiplicidad condicionan la generación de vientos locales.

Es necesario identificar que dicho movimiento del aire, posee características de velocidad y dirección que afectarán en diferenciadas formas al sector agropecuario. Por ejemplo, al producirse vientos débiles, es posible renovar el aire circundante a las hojas aportando a los procesos de respiración y transpiración vegetal. A medida que la velocidad del viento aumente, de manera moderada, el transporte de polen, polinización y fecundación se puede ver beneficiado. En tanto, al generarse eventos de vientos intensos el impacto puede tornarse negativo y provocar daños, al romper ramas, caídas de flores y frutos; en procesos de brotación los tejidos tiernos pueden presentar una excesiva deshidratación, quedando expuesto a una desecación.

Otra característica del viento, es la capacidad de transportar, ya sea humedad o partículas como sales o cloruros de sodio desde el mar, en zonas costeras, lo cual puede ocasionar importantes daños, como quemaduras en los tejidos vegetales.

1.2.1 EL TIEMPO Y EL CLIMA COMO VARIABLE ECONÓMICA

Cada actividad agrícola implica cierto riesgo económico que depende de la probabilidad de que se produzcan condiciones meteorológicas deficientes o desfavorables. La evaluación del riesgo es la base mejor fundamentada para determinar si se pueden realizar algunas operaciones agrícolas, ya que permite determinar la relación costo/beneficio con respecto a actividades que implican posibles ganancias o pérdidas económicas. La aplicación de la meteorología a la agricultura es esencial, puesto que cada faceta de la actividad agrícola depende del tiempo atmosférico.

En el contexto de la agricultura familiar o pequeña agricultura, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) del Ministerio de Agricultura de Chile, cumpliendo con su función de promover el desarrollo económico, social y tecnológico de pequeños productores agrícolas, frente a emergencias agrícolas de diferentes tipos, cuenta con presupuesto para apoyar a sus usuarios a enfrentar los impactos asociados. Con el fin de evidenciar la traducción económica de diferentes eventos meteorológicos y/o climáticos en el sector agropecuario, se muestra a continuación, a modo de ejemplo, los recursos económicos invertidos el año 2020 en emergencias agrícolas, que en su mayoría están asociadas a condiciones adversas meteorológicas/climáticas.

Por ejemplo, de acuerdo a INDAP (2020) el presupuesto asignado para emergencias agrícola estuvo enfocado principalmente a actividades como:

- Riego y habilitación productiva por lluvias extemporáneas, inundaciones y aluviones en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Atacama.
- Alimentación animal y apícola, habilitación productiva, obras menores de riego y compra de agua por déficit hídrico prolongado en las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y Ñuble.
- Rehabilitación productiva a causa de contaminación por salinidad en regiones del Maule.
- Reabilitación productiva y alimentación animal, por incendios forestales en las regiones del Maule, Biobío y La Araucanía.
- Habilitación productiva por vientos y granizo en las regiones de Ñuble y La Araucanía.
- Alimentación animal y rehabilitación productiva por heladas y nevazones en regiones de Biobío y Los ríos.
- Rehabilitación productiva por bajas temperaturas y heladas en regiones de Antofagasta y Ñuble.
- Rehabilitación productiva por crisis sanitaria rubro flores en región de Valparaíso.
- Rehabilitación productiva por colapso canal Las Mercedes en Región Metropolitana.

Región	Recursos Presupuestados (M\$)	Recursos Ejecutados (M\$)	Recursos Ejecutados (%)	Número Usuarios totales
Arica y Parinacota	88.055	88.055	100	169
Tarapacá	41.150	41.150	100	118
Antofagasta	35.000	35.000	100	202
Atacama	113.595	113.577	100	263
Coquimbo	2.660.971	2.658.253	100	6.427
Valparaíso	214.446	209.246	98	858
Metropolitana	233.939	211.594	90	1.742
O'Higgins	846.394	845.308	100	3.542
Maule	185.733	178.230	96	816
Ñuble	224.025	224.022	100	1.350
Biobío	376.525	376.525	100	2.257
La Araucanía	402.260	402.260	100	5.579
Los Ríos	22.222	22.222	100	157
Los Lagos	37.196	36.000	97	256
Total	5.481.513	5.441.443	99	23.781

Fig.13. Detalle por región de Presupuesto asignado y ejecutado por región, para emergencias agrícolas.

Fuente: Sistema de Emergencia, sistema tesorería, 31 diciembre del 2020. *INDAP en Cifras 2020*.

1.3 CAMBIO CLIMÁTICO

Los cambios en las condiciones del tiempo a través de los años, responden a una variabilidad meteorológica y climática, la cual es el resultado de las interacciones entre los distintos componentes del sistema climático, es decir, la interacción entre la atmósfera, los océanos, la biosfera, las capas de hielo, superficie terrestre y la acción antrópica (OMM, N°134). En relación a la incidencia humana (antrópica) en el cambio climático, investigadoras del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 y que han sido parte del Reporte de *El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC, por sus siglas en inglés), han dado cuenta que la influencia de las actividades humanas en las condiciones climáticas, de las últimas décadas y en todas las regiones del mundo, ha sido reafirmada en las investigaciones asociadas al IPCC.

Para comprender la variabilidad climática que se está experimentando en todo el planeta y las proyecciones para las próximas décadas, es importante considerar conceptos básicos asociados a la información sobre Cambio Climático. Esto con el fin de comprender los desafíos que debe enfrentar el sector agropecuario ante los cambios proyectados de eventos climáticos y meteorológicos que tendrán impactos negativos/positivos para el sector y, por cierto, las herramientas e información necesarias para contribuir a procesos de planificación y adaptación.

1.3.1 CONCEPTOS

De acuerdo a lo expuesto por el IPCC, el Cambio Climático se entiende como “ la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo” (IPCC, 2014). Además, se hace referencia a una segunda definición aceptada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, que define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Para tener una comprensión general de lo entendido como Cambio Climático se expone una breve revisión de los siguientes términos.

ATMÓSFERA TERRESTRE

Comprendiendo que la atmósfera terrestre corresponde a la mezcla de gases que rodean a la Tierra, y cuya presencia y concentración relativa nos permite explicar su comportamiento en términos del balance de energía y respecto a la generación del efecto invernadero. Esto al permitir que una fracción de la radiación termal o terrestre sea absorbida y reenviada a la superficie. Contextualizando en aspectos de Cambio Climático, si bien la composición química de la atmósfera terrestre ha variado a lo largo de la

historia del planeta, la velocidad con la que el ser humano está modificando la concentración de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) es altamente preocupante, ya que esto podría generar un desequilibrio importante en el balance de energía favoreciendo el desarrollo del cambio climático. Castilla J.C, Meza F.J, Vicuña S., Marquet P.A, Montero J.P. (2019).

USO DE LAS TIERRAS

Como fue mencionado anteriormente, dentro los forzantes externos del Cambio Climático, se encuentra el uso de las tierras. Lo cual, se refiere a tipos de acuerdos, actividades e insumos que son aplicados en un determinado tipo de cubierta terrestre, es decir, un conjunto de acciones humanas que interfieren en una superficie terrestre. Ejemplo de dichas actividades, son el pastoreo, extracción de madera y la conservación, es decir gestiones de tierras con objetivos sociales y económicos (IPCC, 2014).

GAS DE EFECTO INVERNADERO

Estos gases son integrantes de la atmósfera, y tienen un origen natural y antropogénico. La función de estos es absorber y emitir radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja, que es emitido por la superficie de la Tierra, la Atmósfera, y las nubes. Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son: el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃). Existen, además una serie de gases que son totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro. Con el fin de controlar y reglamentar la emisión de estos gases, a nivel mundial se han realizado acuerdos, como el de Montreal (que regula los gases mencionados) y el de Kyoto que aborda gases de efecto invernadero como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC) (IPCC,2014).

EFECTO INVERNADERO

Los gases de efecto invernadero son los que absorben la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera debido a los mismos gases, y por las nubes. Debido a que la radiación atmosférica es emitida en todas las direcciones, inclusive hacia la superficie, los gases que están en la atmósfera pueden captar la radiación y por tanto el calor dentro de la capa más cercana a la superficie terrestre, la Troposfera, creando así lo denominado efecto invernadero natural. Para comprender este efecto, se debe considerar que la temperatura en la Troposfera, en condiciones ideales, disminuye con la altura. Así, la altitud a la cual es emitida la radiación infrarroja al espacio, tiene una temperatura media de -19°C, mientras que en la superficie terrestre la temperatura media aproximada de +14°C. Al aumentar la concentración de los gases de efecto invernadero, se produce un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, lo que dificulta la liberación de radiación infrarroja al espacio. Esta opacidad condiciona que la altitud en la cual se produce esta liberación (mencionada anteriormente con una temperatura media de -19°C) aumente, lo cual significa una temperatura más baja en dicho nivel. Esta condición produce un desequilibrio radiativo, que solo puede ser compensado con un aumento de la temperatura del sistema superficie-troposfera, lo cual crea lo denominado efecto invernadero aumentado (IPCC,2014)

VARIABILIDAD DEL CLIMA

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones climáticas respecto al estado medio, así también como a la ocurrencia de fenómenos extremos. Ya sea en diferentes periodos de tiempo, como en diferentes zonas o regiones. Esta variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC,2014). De esta manera, la variabilidad climática se puede presentar tanto en variables, como la temperatura, precipitación, viento, etc., por ejemplo, aumento de la temperatura máxima media en la última década, en una determinada región. Así, también como en referencia a eventos extremos como, por ejemplo, aumento de la ocurrencia de heladas tardías en una zona determinada.

1.3.2 CAMBIO CLIMÁTICO - PROYECCIONES

Tal como sucede con la modelación numérica meteorológica a corto plazo, que permite la realización de pronósticos del tiempo para los próximos 5 días, existe la modelación climática que permite realizar proyecciones sobre posibles escenarios a largo plazo, por ejemplo en treinta, cincuenta o cien años más. Lo que permite conocer las proyecciones de Cambio Climático. A continuación, se describen en términos generales algunos aspectos de la modelación del clima futuro.

MODELACIÓN CLIMÁTICA

La modelación climática, se entiende como una representación matemática de los componentes físicos, químicos y biológicos del sistema climático y sus interacciones. Esta modelación permite obtener estimaciones de la dinámica o comportamiento de los componentes del sistema planetario para unidades espaciales específicas (kilómetros) y a intervalos de tiempo discretos (años). Para la representación matemática se utilizan, en términos generales, un conjunto de algoritmos que permiten una descripción cuantitativa de los fenómenos climáticos, y que se denominan “Modelos de Circulación General” (GCM, por sus siglas en inglés). Este tipo de modelos tienen la capacidad de representar, no solo los procesos geofísicos que ocurren en la atmósfera, sino también aquellos que ocurren en los océanos, la superficie terrestre y los casquetes de hielo tanto polares como aquellos a la deriva en el mar (Castilla J.C, et. al,2019).

ESCENARIO CLIMÁTICO

Corresponde a una representación aceptable y a menudo simplificada del clima futuro. La cual está basada en un conjunto de relaciones climatológicas, coherentes entre sí. Estos escenarios tienen como objetivo ser utilizados en la investigación de las potenciales consecuencias del cambio climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Las proyecciones climáticas son una materia prima para la construcción de escenarios climáticos, sin embargo se requiere información adicional a las proyecciones, por ejemplo, referida al clima observado en un momento determinado. En consecuencia, un escenario de cambio climático, puede considerarse como la diferencia entre un escenario climático y el clima actual (IPCC,2014).

FORZAMIENTO RADIATIVO

Considerando al sistema atmosférico como un estado de equilibrio donde la radiación solar entrante es equiparada a la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre, la medida en que un factor pueda causar un cambio en dicho equilibrio, corresponde a un forzamiento radiativo. Como por ejemplo,

el gas de efecto invernadero y el consecuente aumento térmico. Por tanto, se fuerza un cambio en el estado normal. Un forzamiento radiativo se cuantifica, por lo general, como la ‘tasa de cambio de energía por área de unidad del planeta, medida en la parte superior de la atmósfera’ y se expresa en ‘Vatios por metro cuadrado’. Así, cuando el forzamiento radiativo de un factor o grupo de factores se evalúa como positivo, la energía del sistema atmósfera –Tierra se incrementará posteriormente, conduciendo al calentamiento del sistema. Por el contrario, un forzamiento radiativo negativo hará que la energía disminuya posteriormente, conduciendo a un enfriamiento del sistema(IPCC, 2007)

CMIP5

Las siglas CMIP5, corresponden por sus términos en inglés a: Coupled Modeling InterComparison Project 5, cuya traducción se aproxima a Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados. Lo que corresponde a la Quinta fase del proyecto de Intercomparación de las simulaciones de proyecciones de cambio climático (IPCC, 2013). El objetivo de este proyecto es la realización de ejercicios de modelación coordinada con protocolos definidos y un control de variables de manera de garantizar una consistencia en las proyecciones climáticas (Castilla J.C, et. al ,2019).

En la modelación del clima futuro se utilizan escenarios de emisiones, esto con el objetivo de explorar el rol esperado que tendrían las actividades humanas en los cambios del clima. Estos escenarios se denominan Escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas, RCP (por sus siglas en inglés (Castilla J.C, et. al ,2019). Para comprender, en términos generales, estos escenarios modelados, es necesario tener claro que representan proyecciones con determinados supuestos que van ligados a los posibles desarrollos socioeconómicos y el impacto que estos tendrían en términos de emisiones de gases contaminantes, lo cual repercutirá en forzantes radiativos que moldearían cambios en el sistema climático, principalmente visualizados en variables como temperatura y precipitaciones. En el Quinto Reporte del IPCC, se utilizan cuatro RCPs. Los cuales son listados a continuación, señalando una breve reseña referenciada de Castilla J.C, et. al (2019).

- **RCP 2.6** Esta vía o ruta de emisiones y concentraciones es representativa de lo indicado por la literatura sobre escenarios de mitigación y cuyo objetivo es limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C a fin de siglo, meta cerca de 3 Wm⁻².

- **RCP4.5** Este es un escenario de estabilización, que llega a un forzamiento radiativo de 4.5 Wm⁻² al año 2100, sin haberlo excedido antes. Lo cual requiere de políticas climáticas, que en este caso incluye imponer precios al uso del carbono.

- **RCP6** Este escenario representa emisiones y concentraciones de GEI y cambio de uso de suelo que se traduce en un forzamiento radiativo de 6 Wm⁻² al año 2100.

- **RPC8.5** Representa una vía de emisiones y concentraciones relativamente altas, correspondiendo por tanto, al peor escenario.

La necesidad de conocer los conceptos anteriormente mencionados, tiene como objetivo lograr una mejor comprensión al momento de presentar las proyecciones de Cambio Climático. En este sentido, se presenta la Fig. 14, que muestra mapas de promedios del multimodelo CMIP5 resultado para los escenarios RCP2.6 y RCP8.5 (entendiéndose como la proyección menos negativa y la más negativa respectivamente) para 2081-2100 de a) Cambio anual en la temperatura a nivel superficial y b) porcentaje medio de cambio en la precipitación promedio anual. Los cambios en los paneles a y b son relativos al periodo 1986-2005. El número de modelos CMIP5 usados para calcular el promedio de los multimodelos están indicados en la parte superior izquierda de cada panel (32 y 39, respectivamente). Para los paneles (a) y (b), el sombreado indica las regiones donde la media del multimodelo es pequeña comparada con la variabilidad internatural (es decir, menor de una desviación estándar de la variabilidad interna natural en promedio de 20 años).

El área punteada indica las regiones donde la media de varios modelos es grande en comparación a la variabilidad interna natural (es decir, más de dos desviaciones estándar de la variabilidad interna natural en promedio de 20 años) y donde al menos el 90% de los modelos están de acuerdo en el signo de cambio (IPCC 2013).

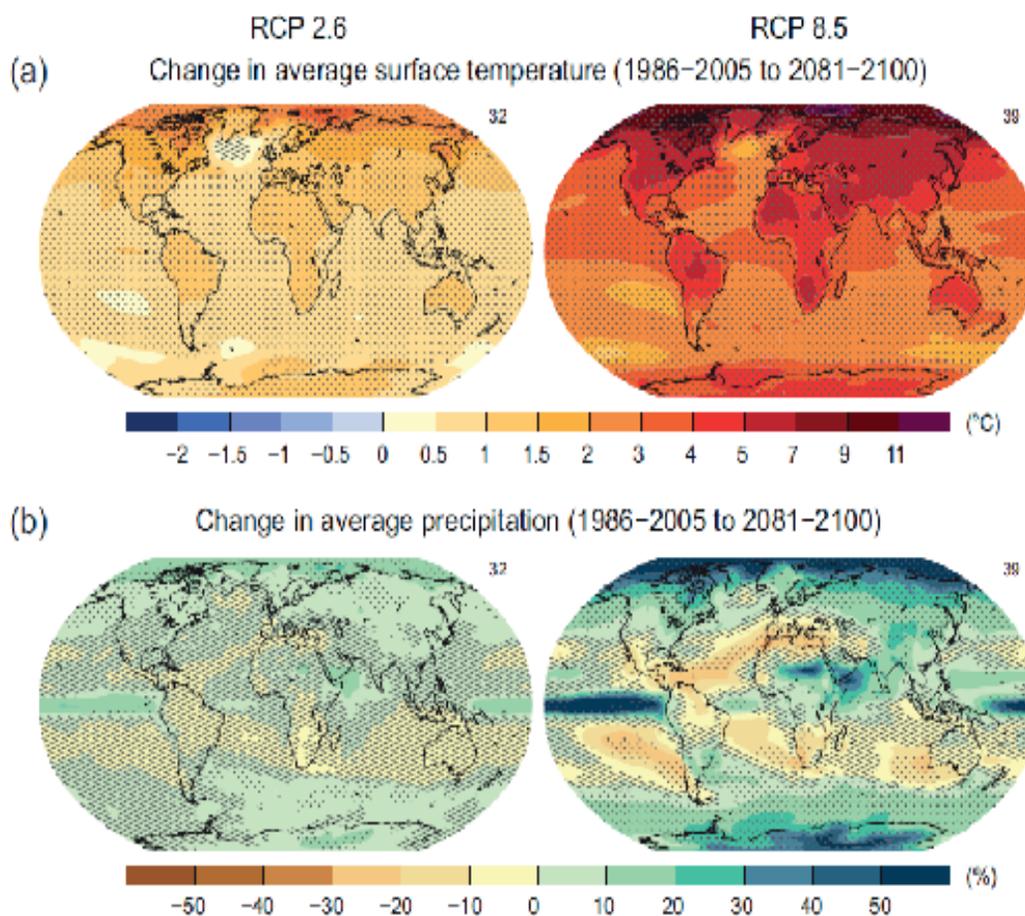


Fig.14. Mapas de proyecciones climáticas para los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5, para las variables de Ttemperatura superficial (186-2005 a 2081-2100) y precipitación promedio (1986-2005 a 2081-2100). Fuente: IPCC 2013.

De acuerdo a lo indicado en la Fig.14, para América del sur, y específicamente para Chile, es posible observar que en el promedio de temperatura superficial las proyecciones menos negativas (RCP 2.6) muestran en general algún grado de aumento de esta variable, lo cual se proyecta aun mas marcado en el escenario más negativo (RCP 8.5). En el caso del porcentaje de precipitaciones promedio, considerando que la extensión de oeste a este de nuestro país representa un bajo porcentaje dentro de la extenso territorio del continente americano, aun así concentrándonos en la zona centro y centro sur del Chile, es posible inferir un descenso en el porcentaje promedio de precipitaciones que va en profundizándose aun más en el escenario más negativo (RCP 8.5).

En consideración que las zonas centro y centro sur de Chile, concentran el mayor desarrollo agrícola del país, a continuación, se presenta un resumen de las proyecciones nacionales y las implicancias de éstas en la agricultura y ganadería, entregadas por el Centro de Cambio Global UC en su publicación Cambio Climático en Chile. Ciencia, Mitigación y Adaptación, Centro UC Cambio Global.2019.

Tal como se ha revisado en apartados anteriores, la agricultura constituye uno de los sistemas de mayor exposición a las condiciones climáticas, tanto frente a comportamientos medios, como en su variabilidad y extremos. De esta manera al registrarse variaciones en el régimen térmico y pluviométrico, normalmente se presentan efectos adversos en aspectos productivos, lo cual compromete las capacidades de provisión de alimentos a la población y de bienestar económico a los productores. En consideración al comportamiento climático y meteorológico observado en la última década y teniendo en vista las proyecciones asociadas al cambio climático, se necesitan desarrollar estrategias de adaptación para mantener la capacidad productiva y facilitar la planificación de introducción de especies y variedad que puedan ajustar respuestas más apropiadas a las nuevas condiciones climáticas previstas (Castilla J.C et. al, 2019).

A continuación se presentan las proyecciones climáticas para las zonas productivas del país, de acuerdo a las investigaciones presentadas en Castilla J.C, et. al, 2019.

AUMENTO DE LA TEMPERATURA Y EFECTOS EN LA AGRICULTURA

Las proyección a largo plazo son expuestas en términos de tendencias a aumentos, disminuciones o igualdad de condiciones. En esta línea de proyecciones, los modelos climáticos indican una tendencia al aumento de las temperaturas, lo cual podría condicionar que a nivel global, las zonas aptas para desarrollo agrícola presenten un desplazamiento hacia latitudes mayores, es decir, más al norte en el hemisferio norte y más al sur en el hemisferio sur, zonas en las cuales ciertas especies o variedades no son usuales de producir, debido al riesgo de heladas y períodos cortos de crecimiento. Teniendo en cuenta los requerimientos térmicos para el desarrollo óptimo de los cultivos, las zonas que climáticamente han sido idóneas para ciertas especies, con los cambios de aumento de temperatura proyectados, dichas zonas deberán tener una re configuración del mapa agroclimático y productivo. En particular, en Chile, estudios de CEPAL (2019), indican que las zonas del norte y costeras presentaron una tendencia mayor a la reducción de rendimientos y pérdida de capacidades productivas, lo cual condiciona la necesidad de dar paso a variedades que se adapten mejor a las condiciones proyectadas. En tanto, para la zona sur de Chile, se podría experimentar cambios productivos agrícolas y frutícolas, asociados a la introducción de nuevas variedades, dadas las condiciones pluviométricas de la zona y el cambio hacia una disminución del estrés térmico de temperaturas bajas. (Castilla J.C, et. al 2019).

REDUCCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y SUS EFECTOS

En términos de pluviometría, las proyecciones climáticas presentan variaciones en comparación al aumento de temperatura a nivel mundial. Es así, como en algunas zonas del globo se esperan aumentos y en otras regiones disminución en las precipitaciones. Esto, aun cuando a nivel global se espera que el sistema hidrológico se vea intensificado, es decir las precipitaciones y procesos evaporativos. Sin embargo, a nivel regional las proyecciones son más específicas y disímiles. Por ejemplo, para las regiones mediterráneas, como lo es la zona central de Chile, se esperan disminuciones de las precipitaciones. (Castilla J.C, et. al 2019).

De acuerdo a estas proyecciones y considerando que el régimen climático de Chile central es marcadamente estacional, el periodo de desarrollo de los cultivos de primavera y verano coincide con la temporada de casi total ausencia de precipitaciones. De esta forma, en las zonas de bajo riego, el impacto directo de un cambio en el patrón de precipitaciones sobre la producción será menor en la medida que el suministro de agua de riego esté garantizado. Para el caso de la agricultura de secano de las zonas costeras y centro sur del país, una reducción de precipitaciones puede implicar severas restricciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos con impactos muy importantes, e incluso la pérdida total en algunos años. Ahora bien, un aspecto positivo, podría asociarse a que la reducción de precipitaciones se traduzca en una menor incidencia de enfermedades que necesitan de alta humedad y/o superficies mojadas (Castaño et. al 2014).

La disponibilidad de agua constituye para la agricultura de Chile central uno de los recursos productivos clave para su normal desarrollo. Actualmente, y considerando los continuos años de sequía que enfrenta el país, el riego para la agricultura compite directamente con usos prioritarios como lo son el uso para consumo humano, industrial y minero. Por tanto, una proyección de disminución de las precipitaciones traerá consigo un reforzamiento de la menor recarga de pozos y en la disminución de la acumulación de nieve. Es decir, se presenta una presión sobre el uso de los recursos hídricos en gran parte del país, lo cual es sin lugar a dudas el mayor desafío que el sector agrícola de Chile central tendría que enfrentar si se confirman las predicciones de cambio climático (Castaño et. al 2014).

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA GANADERÍA

En aspectos asociados a la ganadería, las proyecciones de cambio climático respecto a la disminución de las precipitaciones, en sus valores climáticos normales, y a la vez ocurrencia de eventos extremos intensos de precipitación, se espera un efecto negativo en el rendimiento de especies forrajeras, condicionando problemas en la calidad, cantidad y disponibilidad de alimento para el ganado. Junto a esto, la actividad ganadera podría ser afectada en aspectos como: disminución de la producción de leche; limitaciones en el crecimiento del ganado debido a estrés térmico, falta de disponibilidad de agua, pasturas y pérdida de fertilidad; modificación en la razón de conversión entre alimento y crecimiento (eficiencia de conversión de energía). Aspectos de trasmisión de enfermedades también se espera que se produzcan, debido al cambio climático (Castaño et. al 2014).

1.3.3 CAMBIO CLIMÁTICO Evidencias

Las proyecciones derivadas del Cambio Climático vistas anteriormente indican cambios en el régimen pluviométrico y térmico, tanto en valores normales como en eventos extremos. Si bien estas proyecciones están enfocadas hacia los próximos 30 a 80 años, durante esta última década se han observado precisamente un aumento de eventos meteorológicos como olas de calor y temperaturas máximas extremas. En tanto, respecto a las precipitaciones, como fue evidenciado en la Fig.12, los valores normales anuales de precipitación han registrado un descenso en la zona central del país, principalmente, debido a la persistente sequía registrada desde los años 2008-2009 hasta hoy. A su vez, se han registrados eventos fuertes de precipitaciones diarias, dando cuenta esto del aumento de “eventos extremos”.

Al respecto, se han realizado estudios que relacionan la mayor ocurrencia de eventos extremos y el cambio climático. Profesionales de la DMC e integrantes de Meteochile Blog, recopilaron e ilustraron información adaptada de la Revista Científica Nature, en la Fig.15. Al respecto, se ha evaluado el rol del cambio climático sobre un evento o fenómeno extremo (a nivel mundial) comparando un clima con influencia humana versus el clima sin ella. Los resultados indican los eventos de calor, sean vuelto mas intensos o probables de ocurrir, así mismo como las sequías y lluvias.

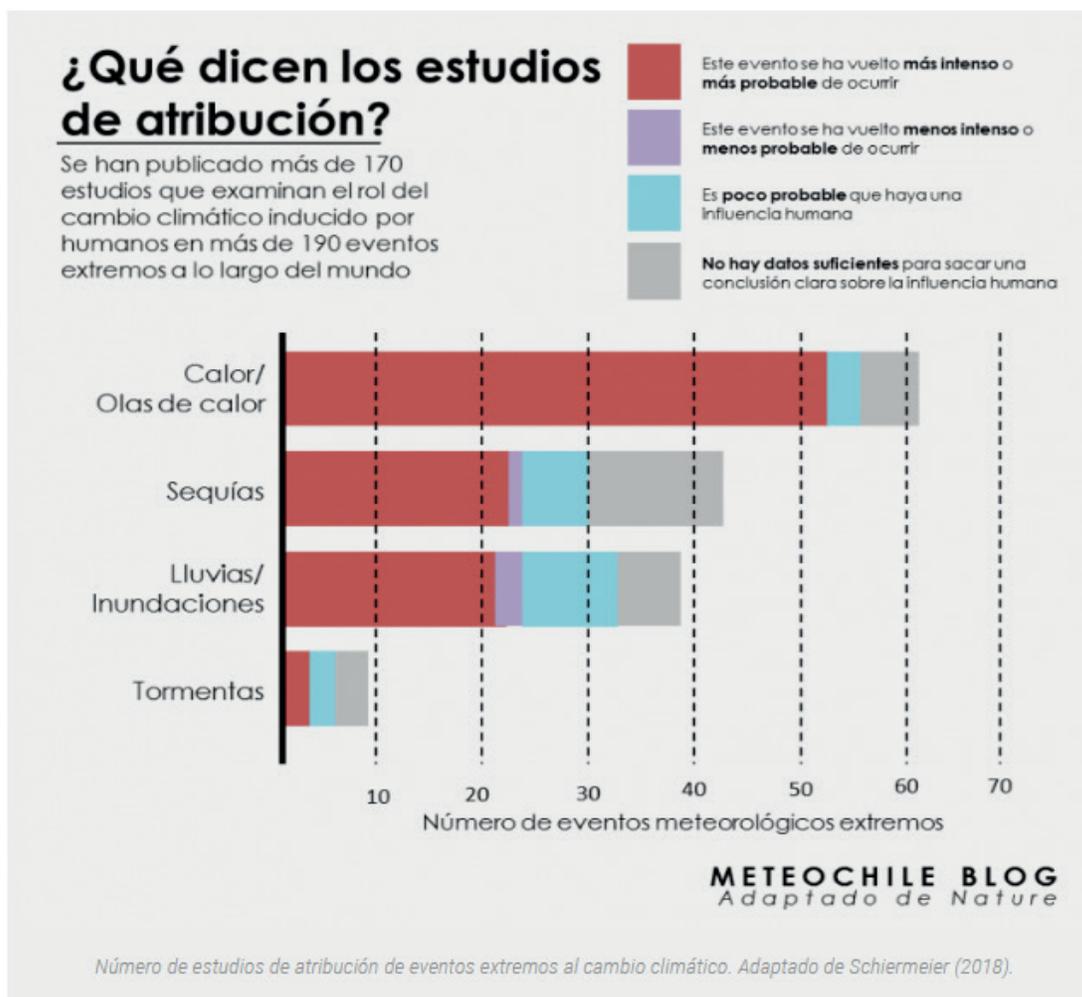


Fig.15. Esquema explicativo sobre resultado de estudios asociados a la atribución de eventos extremos al cambio climático. Adaptado por Sheiermjer (2018). Fuente: Meteochile Blog.

La Dirección Meteorológica de Chile cuenta con una **Oficina de Cambio Climático** que distribuye información relevante sobre la evolución del clima en contexto del cambio climático. Esta información se encuentra disponible en la página web www.climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/menu-TematicoCambioClimatico:



Dirección General De Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos



- Control
- Estaciones
- Productos
- Publicaciones
- Acerca

Cambio Climático en Chile

Índices de Cambio Climáticos y Publicaciones

¿Que es cambio climático?

El cambio climático se define, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), como "importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado. Se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras". En las últimas décadas, el calentamiento del sistema climático es "inequívoco" y se hace patente en la evidencia de un aumento de la temperatura media global del aire y los océanos, el derretimiento generalizado de nieve y hielo y el incremento del nivel del mar, entre otros efectos (IPCC, 2013).

Consulte las Sigüientes Secciones

Índices de Cambio Climático Consulta 29 índices diferentes

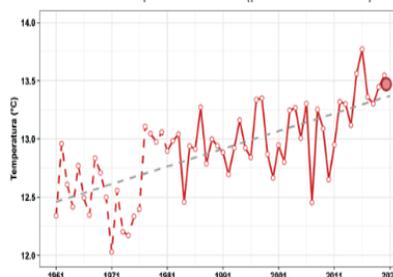
Reportes de Evolución del Clima Publicación Anual

Notas Especiales de Cambio Climático notas especiales

Evidencia en Chile

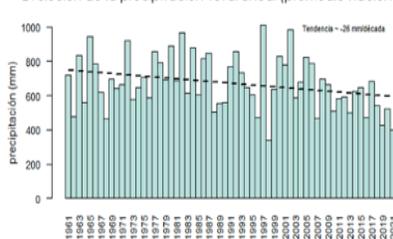
Signos del cambio climático en Chile

Evolución de la temperatura media (promedio nacional)



2021
13.5°C (+0.76 °C)
4to año más cálido desde 1961

Evolución de la precipitación total anual (promedio nacional)



2021
43% de déficit
2do año más seco desde 1961

Respecto al promedio climatológico 1961-1990. Se utilizaron 109 estaciones para la temperatura y 240 para la precipitación. La tendencia es lineal. Elaborado por la Oficina Cambio Climático, de la Dirección Meteorológica de Chile

Considerando entonces, las proyecciones a largo plazo y las evidencias de la atribución de ciertos eventos extremos al cambio climático queda en evidencia que en la actualidad el entendimiento de los eventos extremos, la información, los pronósticos y evaluación de impactos y riesgos desde una mirada adaptativa en la agricultura es un tema prioritario de ser tratado.

1.4 EVENTOS CLIMÁTICOS/METEOROLÓGICOS EXTREMOS QUE REPRESENTAN UN PELIGRO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

La OMM en la publicación *Agrometeorología y eventos extremos* (OMM, 2003a) señala que “Aunque los desastres naturales no se pueden evitar; sus impactos destructivos, en términos de pérdidas humanas y vidas de animales en relación con un equilibrio ecológico, ciertamente podrían ser considerablemente minimizados. Entendiendo así que la planificación y gestión para la prevención y mitigación de eventos extremos son temas de vital importancia. Es por esto, que el papel de la información entregada por los servicios de agrometeorología cumplen un rol fundamental en la evaluación y prevención de impactos frente a eventos que constituyen un peligro”.

Para la entrega unificada de información se hace necesario identificar ciertos términos, con el fin de lograr un lenguaje común entre emisores de información y usuarios. A continuación se describen tres conceptos relevantes:

a) Peligros o amenazas climáticas (Hazard, en inglés): es un evento o proceso que es potencialmente destructivo. Así mismo se entiende como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino dentro de un periodo de tiempo dado y en un lugar determinado (OMM, N°134).

b) El riesgo: corresponde a la magnitud de una pérdida potencial, sean pérdidas de vida, personas lesionadas, daño en propiedades y actividad económica interrumpida, dentro de un área sujeta a peligro, en una zona y periodo identificado (OMM, N°134).

c) La anomalía: es la desviación estadística de un valor meteorológico en una región, dado el valor normal (media) para el mismo periodo (OMM, N°134).

La relación entre los tres conceptos definición dan pie para entender el significado de un Evento climático/meteorológico y un evento extremo.

Sí bien, en nuestro contexto nacional y operativo, el término *peligro* o *amenaza climática*, no es usado para transmitir información de pronósticos o de análisis climáticos, es pertinente entender que existen eventos asociados a un fenómeno y/o variable meteorológica que pueden significar un peligro o ser conducente a daños, y otros eventos. De esta manera, y como se verá en los siguientes apartados, los eventos que están fuera de los rangos considerados normales (es decir asociados a una anomalía), corresponden a *eventos extremos*, y son generalmente constituyentes de un peligro o amenaza, en este caso para la agricultura/ganadería. Esta amenaza, está asociada por tanto, a un “riesgo”. A continuación se describirá lo comprendido por evento extremo y que actualmente representan un riesgo para el sector agropecuario.

1.4.1 EVENTOS EXTREMOS - CONCEPTOS

Los eventos extremos son una dimensión de la variabilidad climática bajo condiciones estables o cambiantes. Por ejemplo, considerando la temperatura máxima, si se tienen una serie de datos climáticos, la ocurrencia de un valor por encima (o por debajo) de un umbral cerca de los extremos superior (o inferior) del registro, esto corresponderá a un evento extremo de la variable en cuestión (Servicios Climáticos, DMC).

La gravedad percibida depende de la vulnerabilidad del entorno natural y de la sociedad humana a ese evento. De la misma manera, un evento agrometeorológico extremo se entiende como la interacción entre un sistema agrícola vulnerable y determinadas condiciones climáticas extremas. Sin embargo, la definición de eventos agrometeorológicos extremos es más amplia, ya que también incluye condiciones climáticas propicias para el desarrollo de agentes como plagas y enfermedades que afectan negativamente todos los aspectos de la agricultura, incluidos la ganadería, padreras y bosques (OMM N°943).

Generalmente, las plantas exhiben umbrales particulares para las diversas variables climáticas que determinan el crecimiento y desarrollo de estas. Los eventos climáticos que afectan negativamente a la producción agrícola pueden estar vinculados a un valor extremo de uno u otro parámetro. Algunos de los eventos meteorológicos/climáticos extremos importantes desde el punto de vista agropecuario son:

- a) Inundaciones, lluvias intensas y anegamientos;
- b) Tormentas eléctricas severas, granizadas, tornados y ráfagas;
- c) Sequía y olas de calor;
- d) Heladas, bajas temperaturas y nieve ;
- e) Condiciones meteorológicas propicias para incendios (altas temperatura, baja humedad relativa y viento de moderado a intenso);
- f) Condiciones meteorológicas que favorecen las plagas y enfermedades de los cultivos y el ganado (OMM N°943)

En particular, los tipos de eventos extremos con impacto significativo en el sector agropecuario chileno que están asociadas a valores pronosticados para la emisión de Advertencias Agrometeorológicas (Sección Meteorología Agrícola, DMC), corresponden a: precipitaciones intensas, tormentas eléctricas y granizos, heladas, olas de calor y viento intenso. Cabe destacar que estos eventos pueden caracterizarse tanto por su intensidad (por ejemplo, agua acumulada sobre lo normal en pocas horas o valores extremos de temperatura) o por la época anómala de su ocurrencia (por ejemplo: precipitaciones sobre lo normal en meses de verano o heladas en verano). Para comprender estos eventos, a continuación se describen puntualizando en su impacto en el sector agropecuario.

1.4.2 PRECIPITACIONES INTENSAS

Los eventos de lluvias fuertes y/o inundaciones a menudo tienen significativos efectos nocivos en la producción agrícola. La gravedad de sus impactos pueden depender de diversos factores. Con el fin de identificar dichos impactos, investigadores han definido efectos *directos o indirectos*. Los efectos *directos* son aquellos que afectan la propiedad y los ingresos de las personas, las empresas y el sector público. Un ejemplo sería la pérdida de una cosecha de maíz debido a graves inundaciones. Los efectos *indirectos* son más lentos y, a menudo, más generalizados (geográficos, económicos, etc.) y son el resultado de la disminución de los ingresos, la degradación ambiental y otros factores. En general, los efectos directos son mucho más fáciles de cuantificar, mientras que las estimaciones de los efectos indirectos suelen ser incompletas debido a sus complicados impactos en toda la sociedad.(OMM N°943)

Teniendo esto en cuenta, las siguientes listas ofrecen una muestra de ejemplos de efectos directos e indirectos que las inundaciones y las lluvias torrenciales tienen sobre la agricultura. Las listas no son exhaustivas, pero representan algunos de los problemas más importantes que pueden resultar (OMM N°943)

Impactos en época de no crecimiento o período de barbecho:

- Pérdida de tierra vegetal
- Pérdida de nutrientes del suelo
- Compactación del suelo
- La erosión del suelo
- Deposición de materiales indeseables
- Daño permanente a cultivos perennes, árboles, ganado, construcciones y maquinaria
- Desplazamiento de personas
- Rotura de diques y otras estructuras de retención
- Procesos anaeróbicos
- Cese permanente de la agricultura en la zona de inundación
- Desvío / realineamiento permanente de ríos, arroyos, otros cuerpos de agua y asentamientos
- Pérdida de ganado y / o hábitat

Impactos en temporada de crecimiento:

- Encharcamiento de cultivos
- Pérdida de nutrientes del suelo
- Pérdida de uso de pastos
- La erosión del suelo
- Mayor susceptibilidad a enfermedades e insectos
- Interrupciones en la labranza, siembra, manejo de cultivos, cosecha
- Daño permanente a cultivos perennes, árboles, ganado, construcciones y maquinaria
- Reducción y/o retardo de la temperatura del suelo
- Necesidad de instalación de costosos sistemas de drenaje.
- Pérdida de ganado y/o hábitat
- Interrupciones de transporte
- Deterioro del grano, en el campo y fuera del sitio

- Efecto de retroalimentación, mejorando la precipitación debido a la gran evaporación de agua libre. (OMM N°943)

El daño directo a las plantas en crecimiento es causado con mayor frecuencia por el agotamiento del oxígeno disponible en las zonas de las raíces de las plantas. Así, las inundaciones crean condiciones de suelo anaeróbicas, que en el caso de ser un evento prolongado, las reacciones químicas en el suelo pueden conducir a una reducción de nitratos y formación de nitrógeno gaseoso. Esta desnitrificación puede ser una causa importante de pérdida de vigor y crecimiento de las plantas después de las inundaciones (OMM N°943).

En el caso extremo de áreas regularmente inundadas, como campos de arroz, o inundaciones de larga duración, se desarrollan sustancias químicas nocivas como el amonio, el sulfuro de hidrógeno y el metano y pueden acumularse hasta niveles tóxicos, lo que requiere una acción especial (y a veces costosa) para asegurar su eliminación oportuna del suelo (OMM N°943).

Como se revisó anteriormente, un determinante importante es la duración de las inundaciones, lo que puede causar reducciones de rendimiento y/o eliminación de los nutrientes del suelo rápidamente. Así mismo, el momento en que este evento se produce es también crítico por su impacto. Las inundaciones y la humedad excesiva del suelo durante los períodos de siembra, germinación y establecimiento de primavera suelen ser más dañinos para los rendimientos finales de los cultivos que la sequía durante este mismo período. Las inundaciones durante este período provocan un retraso en la temperatura del suelo y/o la destrucción de semillas. Incluso en los casos en que las inundaciones se utilizan intencionalmente, como para la protección contra las heladas de algunos cultivos hortícolas, el período de secado posterior puede deprimir gravemente la temperatura del suelo y provocar tanto o más daños que las heladas por sí solas. A medida que las plantas crecen y se establecen más, las inundaciones menores se vuelven menos dañinas que los graves déficits de agua, especialmente durante los períodos críticos de polinización (OMM N°943).

El precondicionamiento de un área es muy importante para determinar qué tan significativa y dañina puede ser una inundación. Las consideraciones importantes son los factores del suelo, la vegetación y el suministro de agua. Los suelos que están saturados antes de un evento meteorológico extremo finalizarán, con mayor probabilidad, en una inundación dañina que los suelos que están relativamente secos. Los campos que se han labrado recientemente y están desprovistos de vegetación son mucho más susceptibles a la erosión del suelo. En estos aspectos, los análisis de datos meteorológicos e hídricos pasados (climatológicos) son fundamentales para estimar las condiciones medias y la variabilidad inherente (OMM N°943).



Fig.16. Fotografía de viñas afectadas por sistema frontal que afectó la zona central del país a fines de enero 2021. Fuente: diario la Tercera <https://www.latercera.com/pulso/noticia/industria-del-vino-teme-efecto-negativo-para-la-vendimia-ante-recientes-lluvias-en-la-zona-central/PM4NJTCRUV5XD66VCMBIEEXVY/>

Las fuertes lluvias pueden impactar en la erosión del suelo, las interrupciones de las actividades agrícolas críticas, el anegamiento de los cultivos, el aumento de la humedad que conduce a un aumento de los problemas de enfermedades e insectos, la saturación de la humedad del suelo y la escorrentía, la reducción de la temperatura del suelo, el deterioro de los cereales y las frutas y las interrupciones del transporte, entre otros. Los sistemas de tormentas convectivas, generalmente, son los que producen lluvias de corta duración y alta intensidad, que pueden tener un poder erosivo significativo en el suelo y dañar los cultivos (OMM N°943).

Muchos sistemas agrícolas son sensibles a cualquier lluvia durante períodos críticos, especialmente las fases de maduración y cosecha de ciertos cultivos. Por ejemplo, las cosechas de uvas para la producción de pasas y otros cultivos de frutas dependen del clima seco y soleado durante la cosecha final y el período de secado y este tipo de agricultura se ha desarrollado en áreas que tienen una probabilidad extremadamente baja de lluvia en esta época del año (OMM N°943).

1.4.3 SEQUÍA

La sequía es la escasez de agua para las necesidades esenciales, que para fines agrícolas se relaciona con el crecimiento de las plantas. Es también un término relativo, en el sentido de que podría considerarse una deficiencia de agua por unas pocas semanas o meses en un área de alta precipitación o falta de agua durante varios años en tierras áridas. Es importante señalar, que conceptualmente, corresponde a un término que no debiera confundirse con la desertificación, que es una consecuencia de la actividad humana, como el exceso de existencia de tierra en relación con su capacidad de carga, algo que es particularmente común en zonas áridas con épocas de lluvias por debajo del promedio (OMM N°943).

Una de las complejidades de este tipo de evento, radica en la determinación de las definiciones asociadas, considerando como se puede apreciar en las Fig. 17 y 18, las múltiples variables implícitas que conjugan tanto la variabilidad climática como la incidencia de actividades humanas. Además, considerando la variabilidad pluviométrica (de norte a sur) de nuestro país, se dificulta establecer condiciones fijas que definan una sequía.

La Fig.17, corresponde a una secuencia de identificación de tipos de sequías, de acuerdo a los efectos asociados. Es posible entender que de los tipos de sequías (meteorológica, agrícola y hidrológica), la meteorológica es la más directa de identificar y cuantificar, al estar basada en el déficit de precipitación. Desde este “punto de partida” la asociación al comportamiento de otras variables van incidiendo en la intensificación o denominada “propagación” de una sequía. Un segundo esquema en la Fig.18 muestra las conexiones de los mismos tipos de sequía, pero con una especificación en los conductores antropogénicos que potencian la propagación de sequías.

Para este tipo de evento, el monitoreo es la herramienta principal para derivar en un análisis de intensidades, gravedad, etc., que permitan establecer la entrega de información pertinente para la adaptación y prevención de impactos asociados. Esta vigilancia o monitoreo se realiza utilizando indicadores y/o índices:

Indicadores, son variables o parámetros utilizados para describir las condiciones de las sequías. Cabe citar, por ejemplo, la precipitación, la temperatura, los caudales fluviales, los niveles de las aguas subterráneas y de los embalses, la humedad del suelo y el manto de nieve (OMM N°1173).

Índices, corresponden a representaciones numéricas informatizadas de la gravedad de las sequías, determinadas mediante datos climáticos o hidrometeorológicos, entre los que se incluyen los indicadores enumerados. Tienen por objeto analizar el estado cualitativo de las sequías en el entorno en un periodo determinado. Desde el punto de vista técnico, los índices también son indicadores. Monitorear el clima en diversas escalas temporales permite reconocer los periodos húmedos de corta duración dentro de las sequías de larga duración o los periodos secos de corta duración, dentro de los periodos húmedos de larga duración (OMM N°1173).

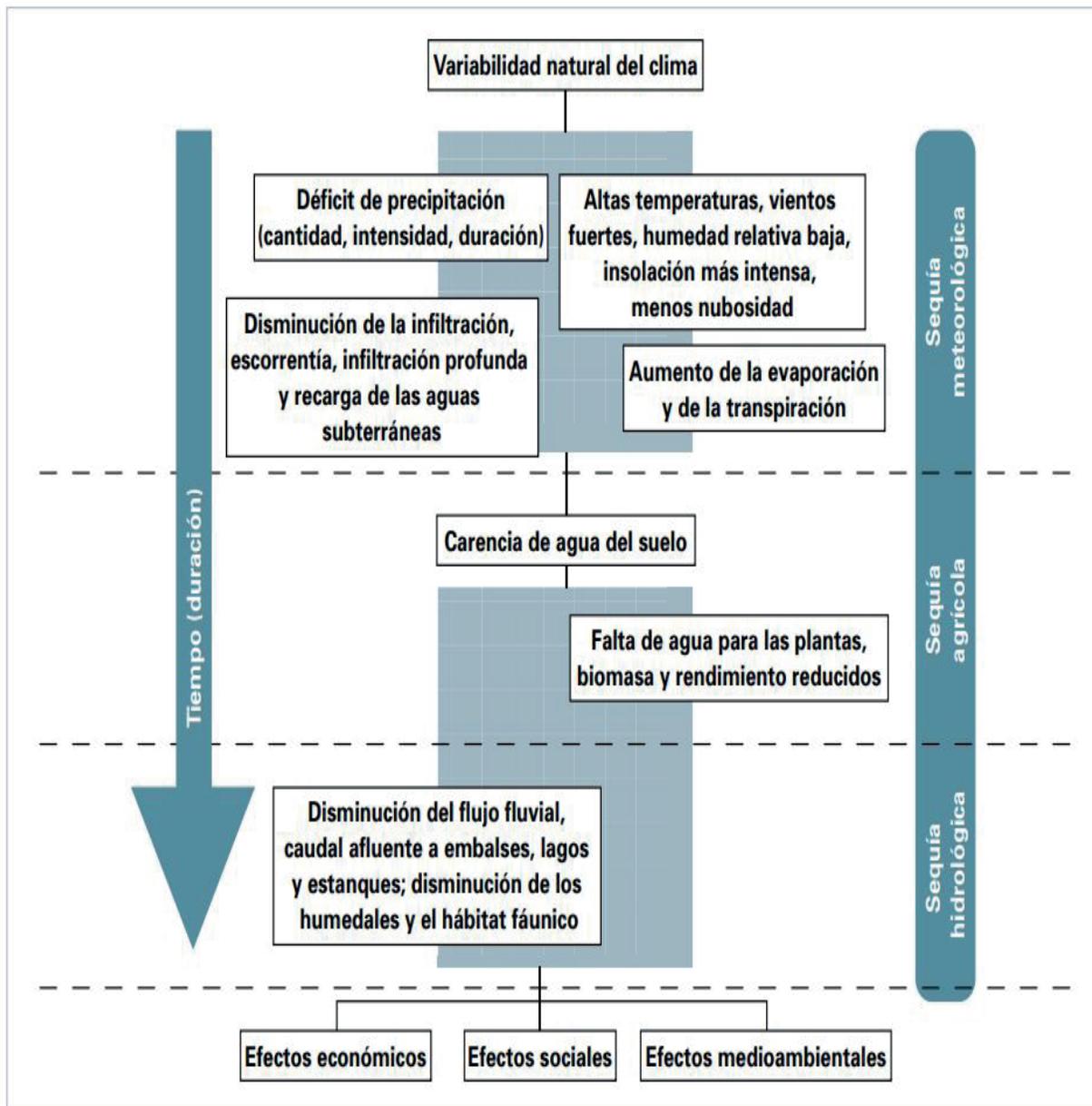


Fig.17. Esquema resumen de la secuencia de sucesos de sequía y de sus efectos para tipos de sequías comúnmente aceptados. Todas las sequías son consecuencia de un déficit de precipitación o de sequía meteorológica, que a su vez puede provocar otros tipos de sequía y de efectos. (Fuente: Centro Nacional de Mitigación de Sequías, Universidad de Nebraska-Lincoln, Estados Unidos de América)

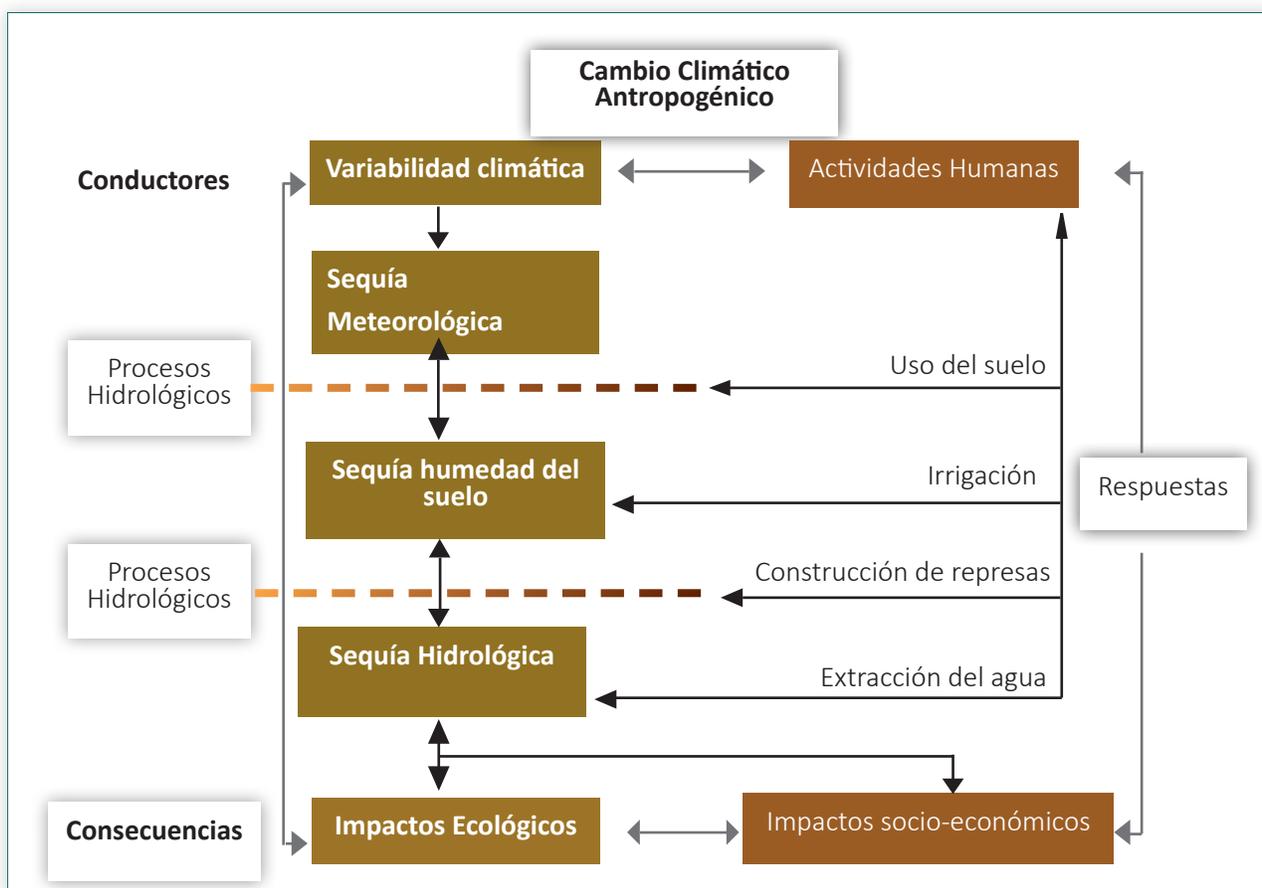


Fig.18. Esquema resumen de la propagación de la sequía incluyendo conductores naturales y humanos, retroalimentación; flechas negras indican influencias directas y las flechas grises indica retroalimentación. Fuente: Traducción desde Van Loon et al., 2016)

La información extraída de los indicadores e índices es útil para planificar y diseñar aplicaciones como evaluaciones de riesgo, sistemas de alerta temprana de la sequía e instrumentos de apoyo a las decisiones para gestionar riesgos en los sectores afectados por las sequías, siempre que se tenga conocimiento del régimen climático y la climatología de sequías del lugar (OMM N°1173).

Condiciones e impactos de la sequía en sector agropecuario en Chile

En septiembre del año 2020, se realizó un Taller sobre Vulnerabilidad y resiliencia a las sequías en el Sector Agropecuario de Chile, como parte del proyecto SISSA¹. Como parte de los resultados de este taller se entregaron las siguientes conclusiones, que permiten conocer la visión general del estado del sector agropecuario en contexto de sequía en Chile, de expertos de instituciones públicas/privadas, académicos y productores.

¹El SISSA es el Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica, el cual provee de herramientas e información sobre las sequías y sus impactos a gobiernos, instituciones no gubernamentales y privadas, e individuos. Esta información permite: monitorear y predecir la ocurrencia de sequías; anticipar los impactos esperables en sectores económicos y comunidades; y fomentar la planificación y preparación anterior a la ocurrencia de sequías para mitigar sus daños, aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad. <https://sissa.crc-sas.org/>. El SISSA es un componente del Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur (<https://www.crc-sas.org/es/>)

1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA SEQUÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO CHILENO.

Hay un consenso en que el principal impacto de la sequía, independientemente de su intensidad y extensión, es una caída importante en la producción tanto de productos agrícolas como pecuarios. Esto trae un deterioro en los sistemas productivos y negocios agrícolas. Dependiendo de su gravedad, ha comenzado a tener repercusiones en los ingresos de algunos productores afectados por la sequía y se prevén menores rentabilidades, contribuyendo a una mayor pobreza en territorios rurales. Por otra parte, a nivel agregado, se percibe que la persistencia de la sequía provocaría una importante modificación de la estructura productiva, disminuyendo la superficie cultivada y la masa ganadera de zonas más limitadas de agua, y aumentando la sustitución de rubros y la migración de otros. La sequía tiene impactos en el medio natural, degradando los ecosistemas, cambiando la fertilidad de los suelos, afectando la diversidad, aumentando la aridez, el impacto de plagas y las enfermedades de cultivos y ganado, y afectando la salud de las personas. En la economía tanto regional como nacional la sequía puede provocar recesión, desempleo, mayor importación de productos, alzas de precios en los alimentos y pérdida de bienestar de los agricultores, en general. Respecto de la cuantificación de los impactos de la sequía, no existe en el país una estadística actualizada ni menos un sistema aceptado generalmente para su cálculo.

2. CAUSAS SUBYACENTES DE LA VULNERABILIDAD ANTE LAS SEQUÍAS.

En el taller de septiembre de 2020 se identificaron una amplia gama de causas ambientales, tecnológicas, sociales, culturales y económicas subyacentes a los impactos de la sequía. El mensaje principal es identificar al ser humano y sus decisiones como un agente importante en el desarrollo de la vulnerabilidad de los sistemas productivos agropecuarios a la sequía. Dentro de las causas subyacentes más destacadas en el taller están: gestión inadecuada del recurso hídrico; falta de información, monitoreo y alerta temprana; malas prácticas de manejo del suelo; falta de infraestructura de riego; falta de apoyo a los pequeños agricultores; deficiente gobernanza de los recursos hídricos a nivel de cuenca; distribución y asignación inequitativa e ineficiente del agua; el consumo excesivo e indiscriminado del agua por falta de conciencia; predominancia de lo urbano sobre lo rural y otorgarle al Estado demasiada responsabilidad en el manejo de la crisis hídrica, aun cuando es uno de los mayores responsables.

3. PRÁCTICAS Y ACCIONES VIABLES PARA REDUCIR LOS IMPACTOS DE LA SEQUÍA.

Se han identificado numerosas acciones y prácticas destinadas a reducir el impacto de la sequía. En esto hay que distinguir dos planos: la escala de la solución, básicamente predial y extrapredial y el plazo de ella, dependiendo que tenga un efecto de corta duración o de aplicación permanente. Sin embargo, surge un enfoque de “responsabilidad” que hay que tener en cuenta y que tiene tres componentes. El primero es asumir la cantidad de agua de la que se dispone y actuar en consecuencia, o sea, ajustarse a la cantidad de agua y reducir la escala de producción cuando ésta disminuye. El segundo, manejar el agua de manera eficiente, mejorar la productividad del recurso evitando las pérdidas por escurrimiento superficial y percolación profunda por mal diseño o mal estado del sistema de riego o de conducción. El tercero tiene que ver con el criterio de reparto del agua a nivel de organización de regantes de manera de evitar conflictos, no repartir el agua que no se tiene y “ahorrar” agua embalsada cuando sea el caso.

4. NECESIDADES Y BRECHAS DE INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE CAPACIDADES.

La primera idea que surge es que la información es la base para la toma de buenas decisiones y que en Chile no hay falta de información, sino que falta coordinación y adaptación de la información existente para los tomadores de decisión. Se expresa que en Chile se ha hecho un gran esfuerzo en los últimos años, de la mano con la relevancia que adquieren temas como el Cambio Climático y la sequía. Sin embargo, queda claro que cuando se habla de información se refiere a la extensión y cobertura de las redes de estaciones meteorológicas y no a la complejidad de datos e información que necesita un agricultor para tomar decisiones.

1.4.4 HELADAS

Si bien las heladas son eventos estacionales para las características climáticas de nuestro país, la intensidad y ocurrencia en épocas primaverales o estivales, pueden constituir un evento extremo con impactos considerables en el sector agropecuarios, tal como el ocurrido en la zona central en septiembre de 2013. Se considera “ Helada meteorológica” al registro de temperatura igual o menor a 0°C a 1.5 metros sobre el suelo, condiciones típicas de medición en las estaciones meteorológicas (Monitoreo de heladas - Sección Meteorología Agrícola - DMC). Cabe mencionar que además el término “helada” ha servido comúnmente para destacar tanto la observación de escarcha o congelamiento del rocío en los pastos y hojas de las plantas, como la medición de temperaturas iguales o inferiores a 0° C, independientemente de su duración e intensidad.

La mayoría de los eventos de heladas ocurren durante las noches despejadas y sin viento, a menudo precedidas por días relativamente cálidos y soleados. Este tipo de heladas se origina en la reducción de la radiación de onda larga descendente, debido a la ausencia de nubosidad baja y de estratificación del aire cerca del suelo, que se desarrolla bajo condiciones de viento débil.



Fig.19. Heladas en Cerezas. Fuente Smartcherry.

Debido a que el aire frío fluye cuesta abajo, por gravedad en una pendiente, al igual que el agua, los suelos del valle y las porciones más bajas de las laderas son más frías. Este tipo de helada se clasifica, en relación con su origen, como una helada radiativa.

Otro tipo de helada es por advección, que se origina por el desplazamiento de aire frío a una región. Este tipo de helada es acompañado por viento y afecta predominantemente a las porciones más altas de los valles. (OMM N°943)

El daño por helada es posible solo después del inicio de la congelación. Por lo tanto, es más exacto referirse a “daño por congelación”. La congelación dentro de los protoplastos (congelación intracelular) es siempre letal, y muy probablemente debido a la interrupción de los sistemas de membranas que compartimentan las células. Bajo tasas de enfriamiento naturales, la congelación de los tejidos vegetales comienza fuera de las células (congelación extracelular) en la solución intercelular, ya que esta se presenta más diluida que la solución situada en el citoplasma. A medida que aumenta la temperatura del tejido congelado más abajo, las masas de hielo crecen, sacando agua del protoplasto, que se encoge como resultado, del enfriamiento (OMM N°943).



Fig. 20. Fotografía de daños por heladas en San Pablo, Región de Los Lagos. Enero 2022. Fuente: Biobio.cl/noticias.

La pérdida de agua por el protoplasto (es decir, desecación) puede o no afectar la viabilidad de las células, dependiendo de la resistencia del tejido/planta. Algunos tejidos no se pueden recuperar después de que se ha formado una cantidad de hielo extracelularmente, pero en el otro extremo, hay plantas/tejidos que pueden soportar la congelación hasta la temperatura del nitrógeno líquido (-196°C)(OMM N°943). La temperatura a la cual se produce un determinado nivel de daño se denomina temperatura crítica. Las temperaturas críticas cambian con la especie/variedad, etapa fenológica y una serie de factores de endurecimiento. Para la mayoría de los cultivos, las temperaturas críticas se han publicado y compilado (FAO, 2005).

Las heladas pueden causar graves problemas en el estado de floración, ya que el pistilo que es muy sensible puede necrosarse impidiendo la fecundación de los óvulos. Los frutos pequeños, a su vez, tienen su punto más sensible en el pedúnculo, el cual se ennegrece y estrangula haciéndolos caer. Las partes más sensibles de la flor son el ovario, los óvulos y la base del estilo que se congelan, necrosan y mueren cuando están sometidos a temperaturas internas de -1 a -2°C durante más de 30 minutos. La máxima sensibilidad al frío es el fruto recién cuajado.

A partir de este momento, la resistencia aumenta al crecer el fruto, ya que los tejidos de este aíslan al embrión, incrementando la dificultad para que el frío penetre hasta él, de tal manera que solamente temperaturas muy bajas (-4 a -6°C) afectan al embrión. Es muy poco frecuente que las heladas primaverales lleguen a afectar la madera. Cuando ello se produce es que la temperatura ha bajado tanto, que las flores, frutos y brotes han sido arrasados. Si la helada se produce con las yemas todavía cerradas o están en botón verde o rosado, estas pueden continuar su desarrollo, llegando a abrirse posteriormente con apariencia normal; en realidad el ovario y el estilo están afectados por el frío si la helada fue intensa, con lo que la flor queda estéril y no llega a cuajar fruto alguno.

En líneas generales, las especies propias de clima templado (manzano, peral, cerezo, ciruelo europeo) son más resistentes a las heladas primaverales que las especies típicamente mediterráneas (durazneros, nectarinos, ciruelos japoneses, almendros, etc.). La vid, el olivo y el nogal encuentran en su floración tardía una clara defensa, ya que su sensibilidad a las heladas es muy grande.

Respecto a algunos cultivos anuales, son sensibles varias especies de chacarería, tales como el poroto, maíz, papas; también las hortalizas como el tomate, pimentón, brócoli y otros. En cuanto al trigo, en la floración de las espigas bastan unas cuantas horas que estén expuestas a las heladas, para que las flores queden estériles. Otro estado sensible de este cereal corresponde al momento cuando las plántulas están emergiendo del suelo



Fig. 21. Efecto de helada severa en Kiwi en el sector de Pirque Región Metropolitana.

TIPOS DE HELADAS

La literatura que trata de las heladas clasifica este fenómeno según su génesis o bien según el color o aspecto que adoptan los vegetales afectados. Se refieren al primer criterio mencionado las designaciones técnicas de heladas de advección, radiación y mixtas, y el segundo, las designaciones de heladas blancas y negras.

HELADAS DE RADIACIÓN

Son las que pueden prevenirse o controlarse. Este tipo de heladas se caracterizan por una gran pérdida de calor del suelo durante la noche, favorecido por el escaso o nulo viento y por un cielo sin nubosidad, lo que provoca un fuerte enfriamiento del suelo y de las capas de aire en contacto con él

HELADAS DE ADVECCIÓN

Son provocadas por una gran masa de aire polar, con temperaturas muy frías y afectando áreas muy extensas. Son imposibles o casi imposibles de contrarrestar.

HELADAS MIXTAS

Se denominan de este modo cuando además de la invasión de aire frío, existe simultáneamente, un enfriamiento por pérdida de calor del suelo. Su control es factible dependiendo de otros factores.

HELADAS SUPERFICIALES: corresponde a aquella helada que se presenta en superficie, cuando la temperatura mediada a 1,5 m sobre el suelo es de unos 2°C

Heladas según su aspecto visual

HELADAS BLANCAS

Ocurren cuando se forma hielo sobre la superficie de las plantas. Esta helada se produce con masas de aire húmedo y es favorecida por cielos despejados y vientos calmos. Esta helada no siempre produce daños en la vegetación.

HELADAS NEGRAS

Se producen cuando el descenso de la temperatura por debajo de 0° C no va acompañada de formación de hielo. Su designación responde a la coloración negruzca que adquieren al día siguiente algunos órganos vegetales, debido a su destrucción causada por el frío. Este tipo de helada es producida por masas de aire seco. En la vegetación, invariablemente causa daños.

Información asociada a métodos de protección

Tanto los datos climáticos como de pronóstico funcionan como herramientas de planificación y prevención, respectivamente, en eventos heladas. Al respecto, se cuenta con un **Monitoreo de heladas** desarrollado por la DMC y disponible en <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/mapaHeladas24Horas>, el cual contiene información climatológica sobre heladas, y datos en línea que permiten el monitoreo de la temperatura mínima.

La información climática permite en la etapa previa a la plantación, seleccionar un emplazamiento y especies y variedades resistentes a las condiciones térmicas predominantes. Al efectuar la plantación, se toma en cuenta la dirección de los flujos de aire frío, permitiendo su máximo drenaje.

Por otra parte, la información asociada a pronóstico de eventos de heladas, descrita en el capítulo II, permiten anticipar y tomar medidas artificiales aplicadas inmediatamente antes y durante la época de heladas. Como por ejemplo, para prevenir o reducir la pérdida de calor manteniendo la temperatura del aire por encima de la temperatura crítica, se propicia la calefacción, ventilación artificial o la aplicación de agua durante el periodo de la helada de manera prolongada.

El conocimiento climático, previo a un proyecto agrícola es clave, en este sentido parte de la información entregada en el Monitoreo de heladas - DMC, es una detallada climatología de heladas en estaciones meteorológicas representativas y que cuentan con una larga data de registros, como lo son: Calama, San Felipe, Pudahuel, Santiago, Santo Domingo, Curicó, Chillán, Concepción, Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt, Coyahique, Balmaceda y Punta Arenas.

HELADAS METEOROLÓGICAS REGISTROS HISTÓRICOS

Estación SAN FELIPE

Escuela Agrícola
Región de Valparaíso
Altitud: 662 mts.
Lat: -32,7553°
Lon: -70,7069°

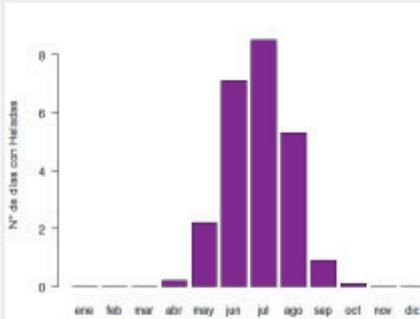
Número de años analizados	40
Número de años con heladas	40
Número de años sin heladas	0
Días con heladas al año*	23
Fecha de primera helada en el año*	21 de mayo
Fecha de última helada en el año*	30 de agosto
Fecha de helada más intensa del año*	2 de julio
Periodo de heladas (días)*	102
Periodo libre de heladas (días)*	263

*Estimación en base al promedio obtenido en los años analizados (1981-2020)



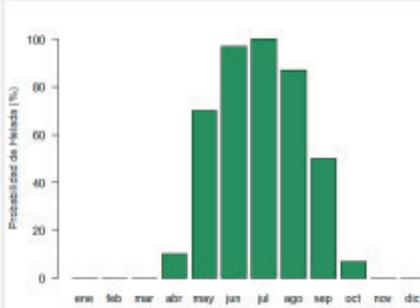
Sección Meteorología Agrícola
Dirección Meteorológica de Chile
www.meteochile.gob.cl
datosagro@meteochile.cl

DÍAS CON HELADA



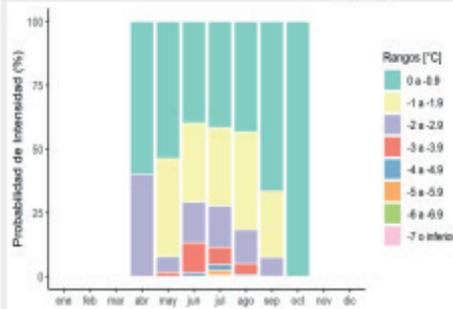
Número de días promedio con temperaturas iguales o menores a 0°C por mes. Climatología base 1991-2020.

PROBABILIDAD MENSUAL DE HELADA (%)



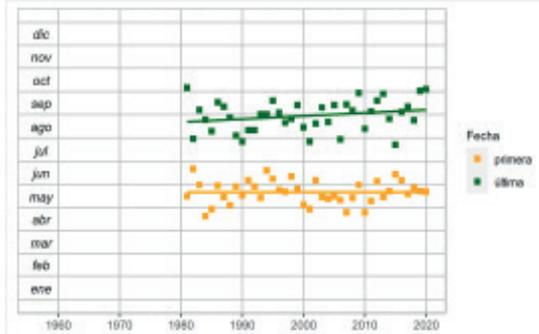
Probabilidad (%) de que al menos ocurra una helada en el mes. Climatología base 1991-2020.

PROBABILIDAD MENSUAL DE INTENSIDAD DE HELADA (%)



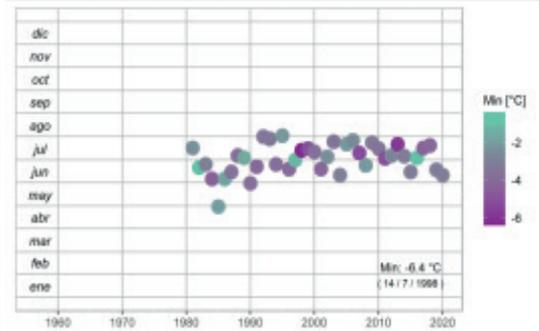
Probabilidad (%) de que la temperatura mínima registrada en una helada esté en un determinado rango de valores. La escala va desde valores de 0°C hasta inferiores a -7°C. La probabilidad se obtuvo del total de días con helada registrado entre 1991 y 2020 para cada mes.

FECHA PRIMERA Y ÚLTIMA HELADA DEL AÑO



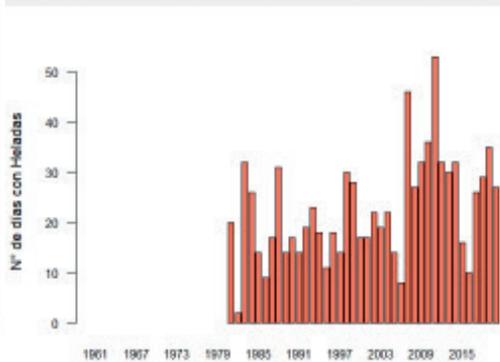
Los puntos indican la fecha de la primera (amarillo) y última (verde) helada registrada en el año, entre 1981 y 2020. Las líneas amarilla y verde corresponden a la tendencia de esas fechas.

FECHA HELADA MÁS INTENSA DEL AÑO



Cada círculo indica la fecha de la helada más intensa del año y el color muestra su intensidad en temperatura, siendo los valores más bajos representados en los tonos violetas. El evento de menor temperatura absoluta de toda la serie (1981-2020) se muestra en la esquina inferior derecha.

TOTAL ANUAL DÍAS CON HELADAS



Número total de días en el año en que hubo temperaturas igual o bajo 0°C, entre 1981 y 2020.

Fig.22 Infografía con información climática de heladas meteorológicas para la estación meteorológica de San Felipe, Región de Valparaíso. Fuente: DMC. <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/documentoPdf/heladas/heladas020sanFelipe.pdf>

1.5.5 OLAS DE CALOR

De acuerdo a la información oficial de la Oficina de Servicios Climáticos de la DMC, publicada en el Informe Técnico- Olas de Calor en Chile: Una nueva metodología para el estudio y monitoreo de los eventos de altas temperaturas (enero 2020), una ola de calor se define de la siguiente manera:

Una ola de calor corresponde a un evento en el cual la temperatura supera por varios días consecutivos un umbral considerado como extremo. Existen varios tipos de olas de calor, dependiendo del periodo del día en que se producen, extensión territorial y umbrales que se utilicen. En ese sentido, la DMC define para Chile al menos dos de las más importantes:

1 OLA DE CALOR (Diurna)

Esta ola de calor se presenta cuando la temperatura máxima diaria en una estación meteorológica supera un umbral considerado extremo (*), por tres días consecutivos. (Se utiliza la temperatura máxima diaria)

2 OLA DE CALOR Nocturna

Esta ola de calor se presenta cuando la temperatura mínima diaria en una estación meteorológica supera un umbral considerado extremo (*), por tres días consecutivos o más. (Se utiliza la temperatura mínima diaria)

* Se considera entonces un valor extremo toda vez que se supere el percentil 90 de distribución, ya sea de la temperatura mínima o máxima. La DMC ya ha definido que para comenzar a hablar de Olas de Calor (Diurna) se deben cumplir los siguientes criterios (nueva metodología):

- 1** Temperatura máximas diaria supera el umbral del percentil 90 diario climatológico de dicha estación meteorológica. El período climatológico se calcula considerando 30 años de información.
- 2** La superación de ese umbral debe ser de al menos 3 días consecutivos
- 3** Las olas de calor existen todo el año, y se monitorearán tanto en invierno como en verano.
- 4** El cálculo del percentil 90 diario se realiza a través de un análisis armónico, que implica extraer una serie de datos que mejor represente el ciclo anual del percentil 90 durante todo el año.

La DMC cuenta con un monitor de Olas de Calor, el cual esta disponible en www.climatologia.meteochile.gob.cl, que contienen información de estaciones meteorológicas con registro de temperatura máxima diaria y olas de calor. Además, de número total de olas de calor en un año específico, y datos históricos desde el año 1970 a la actualidad.

Las olas de calor afectan el crecimiento de la planta por el déficit hídrico y por daños en los frutos por golpe de sol, lo que finalmente afecta la calidad del producto y su precio en el mercado, Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura (CNR, 2018). Los efectos pueden ser variados y dependerán de aspectos como el tipo de cultivo (e incluso variedad) y su resistencia al estrés por altas temperaturas, entre otros.

De acuerdo a lo indicado en por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) del Ministerio de Agricultura de Chile, en el manejo productivo de cultivos con olas de calor, el primer efecto es el aumento de las necesidades de agua en el sitio de desarrollo del cultivo. Aunque exista un aporte adicional de riesgo, llegará un momento en que no será posible compensar totalmente esta situación e inevitablemente ocurrirá un estrés hídrico. Al respecto se indican las siguientes medidas para evitar el deterioro de los cultivos:

1. El aporte de riego se debe mantener con una alta disponibilidad hídrica en el suelo, para favorecer altas tasas de transpiración. Esta medida favorece a las raíces superficiales, ya que estará en una mejor condición frente al calor.
2. El uso de mallas sobre el cultivo permitirá disminuir la radiación solar incidente, como también atenuar los otros componentes de la demanda ambiental, como la temperatura del aire y la velocidad del viento. En este sentido, si no se cuenta con un sistema de mallas es recomendable planificar su instalación futura debido al aumento de episodios de olas de calor pronosticados bajo los escenarios actuales de cambio climático.
3. No aplicar productos fitosanitarios al mediodía de las olas de calor, ya que se pueden producir fitotoxicidades inducidas por las altas temperaturas.
4. Eliminar temporalmente la fertilización, especialmente la nitrogenada. Un exceso de nitrógeno aplicado de forma tardía permitirá un mayor crecimiento de canopia, aumentando la demanda hídrica; de esta forma, las plantas se estresarán y producirán frutas de mala condición.
5. Después de ocurridos los eventos de calor es recomendable inspeccionar la plantación para ver si se generaron problemas en vegetación, plagas o enfermedades.
6. Se recomienda en futuras plantaciones frutales utilizar portainjertos que induzcan un mayor desarrollo radicular y, por tanto, mayor capacidad exploratoria del suelo.

1.4.6 GRANIZOS

El granizo causa un daño significativo a la agricultura, dañando cultivos, viñedos y árboles frutales en grandes áreas. Los granizos son partículas de hielo denso que caen de poderosos cumulonimbos. La aparición de nubes de granizo se asocia con flujos de aire ascendentes, convección térmica o diferencias de temperatura entre el aire que se mueve hacia arriba y el aire circundante. La convección térmica, como resultado de la estratificación inestable de la atmósfera, puede ser causada por el paso de un frente o por el calentamiento de una masa de aire por la superficie subyacente. Las granizadas de mayor intensidad se producen cuando ambos procesos combinan, por ejemplo, el paso de un frente frío a través de una región con una atmósfera estratificada inestable (OMM N°943)



Fig.23. Fotografía evento de granizos noviembre 2018, productor de la Sexta región, quien declara haber perdido millones de dolares. Fuente: WWW.LUN.CL / noviembre 2018.

Las granizadas suelen ir acompañadas de tormentas eléctricas, chubascos y bajas presiones. El granizo es un fenómeno más raro que las tormentas eléctricas. El granizo es más perjudicial para la agricultura durante la segunda mitad de la temporada de crecimiento, y el daño significativo a los cereales de invierno tiene lugar durante el período de maduración. Sin embargo, los cereales de primavera se dañan tanto en la maduración del grano como en las primeras etapas de crecimiento. El granizo también puede arruinar los cultivos de hortalizas. Los huertos frutales y los viñedos sufren el impacto adverso del granizo durante la floración, formación y maduración del fruto. La cantidad de daño depende del tamaño de los granizos, su densidad, la intensidad de la lluvia y el tipo y la etapa del cultivo agrícola. Un granizo de 20 mm y más de diámetro siempre daña los cultivos. El granizo de 30 mm y más de diámetro puede destruir los cultivos por completo (OMM N°943)

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA

2.1 SERVICIOS CLIMÁTICOS

De acuerdo a la OMM, los Servicios Climáticos comprenden “el suministro de información climática de tal manera que ayude a las personas y organizaciones a adoptar decisiones. La prestación de un servicio requiere un nivel de participación suficiente así como un mecanismo de acceso eficaz y debe responder a las necesidades de los usuarios“. Considerando la diversidad de usuarios que utilizan la información meteorológica y climática, la OMM reconoce como áreas *prioritarias* la agricultura y seguridad alimentaria, reducción de riesgos de desastres, energía, salud y agua. Esto con el fin de enfocar la información hacia los procesos adaptativos a la variabilidad y cambio climático, que debe enfrentar la sociedad.

El Marco Mundial para los Servicios Climáticos (GFCS, por sus siglas en inglés) establece como los componentes de los servicios los siguientes: plataforma de interfaz de usuario, sistema de información de servicios climáticos, observación y monitoreo, investigación, modelamiento y predicción y desarrollo de capacidades (Fig.25).

Servicios climáticos para la agricultura

En atención a lo publicado por la OMM y GFCS en el Estado de los Servicios Climáticos Agricultura y Seguridad alimentaria (2019), en el sector agrícola (a nivel mundial) se identifican brechas entre la información disponible, la entrega y utilización de esta por distintos tipos de usuarios del sector. En este sentido, se referencia el proceso de transferencia de información como una cadena de valor simple pero completa; que necesita además de un sistema de información y producción asociada, acciones y resultados adecuados de las partes interesadas.

Comprendiendo que el clima no solo afecta el proceso de crecimiento del cultivo, sino también en el procesamiento y comercialización, se identifican distintos usuarios y necesidades dentro del agro, con distintas capacidades y accesos a la información. Siendo identificado en este punto a los usuarios más vulnerables, como los que presentan la mayor distancia entre la información disponible y su utilización. En este aspecto, se necesita el fortalecimiento de difusión, conocimiento y aplicación de la información agroclimática disponible. Sin esto la información meteorológica y climática pierde su valor al no ser aplicada de manera eficaz. Se reconocen dos grandes factores que propician la brecha, por una parte la necesidad de información agrometeorológica local, en tanto, que representa de manera realista el entorno agrícola. Y la deficiencia de comunicación directa con el personal de extensión local y comunidades agrícolas por lo cual se dificulta la integración de conocimientos meteorológicos y locales.

Atendiendo al desarrollo y fortalecimiento de los aspectos que se reconocen también en nuestro país para la recepción y aplicación oportuna de la información, la DMC, y la Sección Meteorología Agrícola, está participando en proyectos internacionales tales como SISSA, Euroclima + y ENANDES (ver páginas 71, 72 y 73) para fortalecer su función como Servicio Climático, dándole un especial énfasis en el sector agrícola a la comunicación con los usuarios. En el capítulo siguiente se resumirá la información relevante a los proyectos en ejecución e instancias de desarrollo entorno a los servicios climáticos.

Los servicios agro meteorológicos desde su formulación han contenido el foco de un servicio climático, en el sentido de entregar información dirigida a una área específica y buscando la interacción y retroalimentación con los usuarios. La Fig.24. muestra un esquema de la estructura óptima de un servicio agrometeorológico expuesto por la OMM. La transformación tecnológica experimentada en las ultimas décadas, ha proporcionado una amplia gama de herramientas y formas de transmisión de información. Sin embargo, dentro de los objetivos de los servicios climáticos, está el complementar las nuevas herramientas tecnológicas con la retroalimentación de los usuarios. Así propiciar que dichas herramientas estén en función de las necesidades de los usuarios. La Fig.25. entrega la conceptualización de los servicios climáticos en la agricultura hoy, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés).

Representación grafica de la oferta, demanda y distribución de la información y servicios agrometeorológicos a los agricultores por parte un servicio meteorológico nacional.



Fig.24. Esquema ilustrativo del funcionamiento óptimo de un servicio agrometeorológico, de acuerdo al procesamiento y entrega de información aplicada. Fuente: OMM N°943

SERVICIOS CLIMÁTICOS EN LA AGRICULTURA



Fig.25. Adaptación esquema de Servicios Climáticos en la agricultura, descrito en Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last mile, FAO. 2021. Fuente: DMC

2.2 CLIMATOLOGÍA, PRONÓSTICOS, MODELAMIENTO E INFORMACIÓN SATELITAL

CLIMATOLOGÍA:

La climatología es una rama de las ciencias de la tierra, que consiste en el estudio del clima, sus variaciones y extremos, el funcionamiento del sistema climático y su influencia en diversas actividades asociadas (WMO, 2018).

El concepto clima hace referencia a las condiciones meteorológicas promedios, y se define como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y la variabilidad de sus parámetros (WGII AR5 Glossary) en un periodo de tiempo y lugar determinado. En 1950, con la creación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM o WMO- por sus siglas en inglés) se estableció un sistema de recopilación de datos y dio lugar al análisis sistemático del clima (WMO, 2018). La aplicación de este sistema permite obtener datos básicos, información y técnicas que determinan los climas locales, mesoescalares y mundiales. Además, constituye a un punto de partida para un análisis más profundo, que en conjunto con datos sociales, económicos y físicos, pueden dar paso a servicios.

Por otro lado, se destaca la importancia de la información climatológica en ámbitos del pronóstico, ya que da una idea general del comportamiento de la atmósfera en un periodo y lugar determinado.

PRONÓSTICO

Un pronóstico del tiempo se refiere a la predicción de las condiciones meteorológicas hacia el futuro. Puede ser a muy corto plazo (usualmente dentro de 6 horas), corto plazo (hasta 48 horas), mediano plazo (entre 72 y 168 horas) y estacional (1 a 3 meses). Un pronóstico es la proyección del cambio en variables tales como temperatura, viento y cobertura nubosa, etc, así como de fenómenos meteorológicos entre los que se encuentran las precipitaciones intensas, las tormentas eléctricas y las heladas.

Para hacer un pronóstico del tiempo se necesita conocer las condiciones actuales de la atmósfera, mediante observaciones meteorológicas en superficie y altura e imágenes satelitales, así como aplicar los principios físicos, a través de modelos numéricos, apoyados por una variedad de técnicas, tanto empíricas como estadísticas (Donald C. & Henson R., 2015)

Su importancia se basa en tener conocimiento de las condiciones adversas que podrían ocurrir para hacer planificaciones y tomar precauciones en base a ellas. Es por este motivo que la aplicación adecuada de los productos de la predicción y la respuesta correcta a los avisos podrían contribuir significativamente a optimizar las medidas de protección y reducir las pérdidas debido a desastres (WMO, 2017).

MODELOS NUMÉRICOS

Un modelo numérico del tiempo atmosférico es una representación teórica de la atmósfera expresado en forma matemática, donde su comportamiento está regido por las ecuaciones de dinámica de fluidos y otros procesos físicos como la radiación, microfísica de nubes, etc. La predicción del tiempo en base a estos modelos es una disciplina que se desarrolló a mediados de la segunda parte del siglo XX, con el continuo beneficio de los avances computacionales (Coiffier J., 2011).

Antes de la llegada de los modelos numéricos, muchos métodos de pronósticos eran en base a la experiencia del pronosticador (Donald C. & Henson R., 2015). Sin embargo, junto a los avances tecnológicos, los modelos de predicción numérica se han vuelto el componente principal de los pronósticos del tiempo y a lo largo del mundo la mayoría de los países los usan como una guía clave para las predicciones del tiempo (Pu Z. & Kalnay E., 2019).

Por ende, un modelo numérico se basa en la implementación de técnicas usadas para resolver las ecuaciones que describen el comportamiento de la atmósfera y a partir de valores iniciales, conocidos como observaciones meteorológicas (territoriales, satelitales y convencionales como los radiosondas), se obtienen valores futuros de los parámetros característicos de la atmósfera (Coiffier J., 2011). Con el paso del tiempo los modelos numéricos no representan exactamente la atmósfera real, ya que esta es muy compleja para ser representada completamente. En cambio, los modelos son útiles para aproximarse a esta, ya que están hechos para retener los aspectos más importantes del comportamiento de la atmósfera (Donald C. & Henson R., 2015).

Cabe destacar que los resultados obtenidos a partir de los modelos numéricos se pueden visualizar a través de imágenes y gráficos, que permiten al pronosticador hacer un análisis de estos y, en conjunto con otras técnicas y elementos, apoyan a la realización de los pronósticos meteorológicos. En la DMC se realiza el procesamiento del modelo numérico WRF (Weather Research and Forecasting) para Chile y se publican sus resultados a través de la página web www.meteochile.gob.cl > Pronósticos > Modelo Numérico, donde se pueden encontrar los resultados divididos según las diferentes zonas del país (norte, centro, sur y austral).

IMÁGENES SATELITALES:

Un satélite es un objeto que órbita alrededor de otro. Por lo que, existen satélites naturales como la luna y satélites artificiales como los meteorológicos. Este último tipo de satélite sirve para hacer monitoreo de la atmósfera, ya que con estos se pueden obtener imágenes de lo que está sucediendo actualmente en ella.

En meteorología se utiliza una clasificación dual de satélites, de órbita polar y órbita geo-estacional; el primero viaja de norte a sur alrededor de la tierra, por ende, no muestra un lugar fijo. El segundo tipo de satélite se refiere al que gira en el mismo sentido de la Tierra, o sea siempre muestra el mismo punto de la Tierra (DMC,2019).

Un ejemplo para ambos tipos de satélites meteorológicos son los siguientes: polar, MODIS (agua y tierra) y geoestacionario, GOES.

Los satélites dentro de ellos presentan sensores remotos, los cuales captan información sin estar en contacto con el objeto, a lo que se le llama teledetección. Los satélites presentan un tipo de teledetección pasiva, que se refiere a que dependen de la energía natural (rayos del sol) que rebota sobre el objeto analizado. Estos sensores por lo general son multispectrales, por lo que miden la cantidad de energía recibida con múltiples combinaciones de bandas (número de canales), lo que permite separar las diferentes longitudes de onda e inferir las características del objeto

En la sección de Imágenes Satélites de la página de www.meteochile.gob.cl, se obtiene información del satélite GOES-16, el cual corresponde a un satélite geoestacionario que muestra siempre el territorio chileno. Este satélite dentro de sí tiene varios sensores, sin embargo, los más importantes para la meteorología son: el sensor ABI (The Advanced Baseline Imager) y GLM. El sensor ABI puede captar 16 rangos de longitud de ondas, dentro del visible e infrarrojo cercano, lo que se puede separar en tipos de nube, hielo-nieve, océano, tierra, etc. Por otra parte, el sensor GLM (Geostationary Lightning Mapper) capta la actividad eléctrica dentro de las nubes, en base a un solo canal del infrarrojo cercano (<https://www.goes-r.gov/spacesegment/abi.html> y <https://www.goes-r.gov/spacesegment/glm.html>).

Los distintos canales dentro del GOES 16 resaltan distintos objetos, gracias a la longitud de onda que ellos reflejan, por ende cada canal tiene sus propias características, por ejemplo el canal 1 (Visible “Azul”) sirve principalmente para identificar nubes y algunas características de la superficie, así como aerosoles y partículas finas, por otro lado, el canal 8 (Vapor de Agua “niveles altos”), puede identificar sectores secos y húmedos de la atmósfera alta, así como nubes altas y convectivas, además de sistemas meteorológicos y perturbaciones en altura.

Gracias a que los canales resaltan distintas características de las distintas superficies, se pueden hacer mezclas de canales, llamadas productos, los que se basan en los colores RGB (Red-Green-Blue), por ende, se obtienen imágenes de más fácil interpretación y con información más específica. Para obtener más información sobre qué se puede identificar con cada canal y productos, dirigirse a www.meteochile.gob.cl, Sección Imágenes Satelitales, donde se pueden encontrar boletines explicando cada canal.

Un producto enfocado a la agrometeorología, que se puede obtener con imágenes satelitales es el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), el cual sirve para diferenciar la vegetación de otros tipos de cubiertas y determinar el estado en que se encuentra dicha vegetación (<https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/>).

En términos generales y con el objetivo de ejemplificar, la imagen de la Fig.26. corresponde a una visualización del índice NDVI para el periodo entre los días 08 y 23 de octubre de 2022, para América del Sur, obtenido desde la plataforma del Sistema de Información sobre Sequías para el Sur de Sudamérica (SISSA). En tanto la Fig.27. esquematiza los valores y categorías que permiten interpretar el estado de vegetación a través del índice.

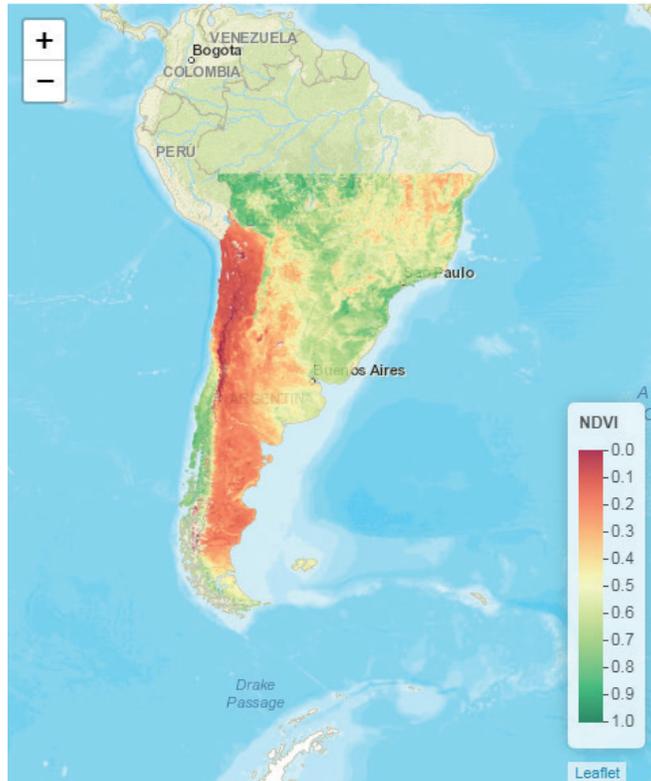


Fig.26. Ejemplo de visualización del Índice NDVI a nivel regional de América del Sur. Fuente: www.sissa.crc-sas.org/

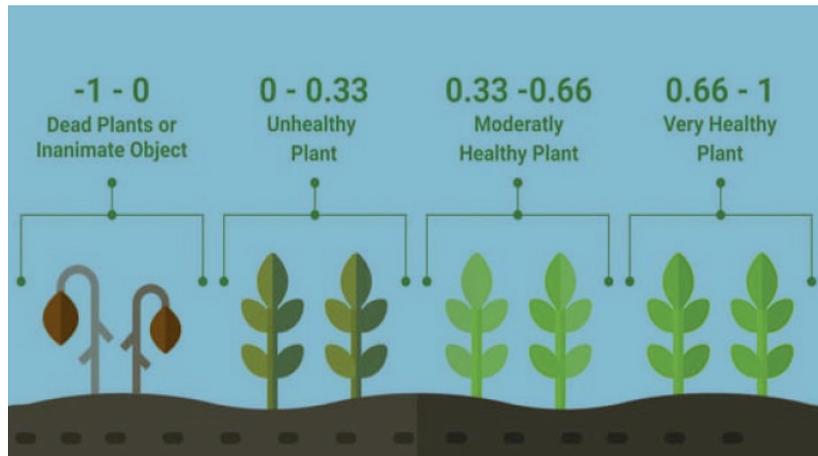


Fig.27. Esquema de caracterización de estados de vegetación asociado al índice NDVI. Fuente: www.eos.com

2.3 PRODUCTOS E INFORMACIÓN DE LA SECCIÓN METEOROLOGÍA AGRÍCOLA Y SUS APLICACIONES

SECCIÓN METEOROLOGÍA AGRÍCOLA, DMC (Sec. Met. Agr.)

La Sección Meteorología Agrícola de la DMC, es un área especializada, que proporciona información principalmente de tipo operacional referido a los aspectos atmosféricos (meteorológicos y climáticos) y su incidencia en la agricultura, dirigido a los usuarios del sector silvoagropecuario.

Básicamente la Sección Meteorología Agrícola se sustenta en tres aspectos principales;

- Red de Estaciones Agrometeorológicas Automáticas (generación del dato).
- Análisis de los datos y elaboración de productos agrometeorológicos, (generación de servicios).
- Difusión de información a usuarios generales y a asociados a los Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA)

La Sección de Met. Agr. tiene la función de atender las necesidades de información meteorológica y generar servicios para los diversos usuarios del sector silvoagropecuario del país. La DMC coordina con el Ministerio de Agricultura, a través de sus Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura, disponiendo en varias regiones del país de Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA).

En la actualidad se cuenta con distintas plataformas en línea que permiten recepcionar datos de estaciones meteorológicas automáticas, y mediante determinados softwares entregar una visualización de las distintas variables meteorológicas, además de gráficos y productos elaborados desde el Sistema de Administración de Datos Climáticos, llamado SACLIM

La DMC a través del SACLIM recepciona y procesa los datos de estación meteorológicas tanto de la DMC como de otras instituciones, como de INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) y FDF (Fundación para el Desarrollo Frutícola). Cabe destacar que las tres instituciones mencionadas DMC, INIA y FDF conforman el Sistema de la Red Agroclima Nacional (RAN), que constituye un convenio de colaboración entre distintas instituciones, las que han conectado sus estaciones meteorológicas en un sistema integrado administrado por FDF (www.agroclima.cl).

La plataforma con la que cuenta la DMC para visualizar y descargar datos de estaciones de la DMC y de la Red de estaciones Agrometeorológicas Automáticas es el Portal de Servicios Climáticos (www.climatología.meteochile.gob.cl)

La Sección Met. Agro. de la DMC, se encarga diariamente de recopilar y procesar los datos de las estaciones de la red, enfocados en cada uno de los CRIA, a los cuales se les envía un informe diario de las variables de estaciones, junto con los pronósticos y productos correspondientes, descritos a continuación. En los CRIA, esta información es difundida en forma dirigida a federaciones de agricultores, asociaciones, etc. y también en forma masiva a radios, periódicos, televisión, redes sociales y público en general.

Además de los pronósticos, informes y advertencias, periódicamente se elaboran y difunden diversos boletines con información agrometeorológica y agroclimatológica, los cuales son incorporados al manejo de cultivos que deben realizar los usuarios en las distintas zonas del país.

2.3.1 INFORME DE RIESGO AGROMETEOROLÓGICO

Es un informe diario (elaborado de lunes a viernes, excepto días feriados) emitido antes de las 13:00 hrs. Contiene el pronóstico meteorológico, elaborado por el Centro Nacional de Análisis de la DMC, con actualización durante la mañana del día de emisión. Es transmitido vía correo electrónico (lista de contactos de usuarios) y publicado en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola. El contenido de este informe es el siguiente:

- **Pronóstico Meteorológico**

Proyección de las condiciones meteorológicas que predominaran y pueden constituir un riesgo para el área agropecuaria, los próximos 3 días (día en curso y dos días siguientes), en la zona comprendida entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos.

- **Comentario Agrometeorológico**

Incluye un comentario sobre el alcance que podría significar en el ámbito agropecuario el comportamiento previsto de las condiciones meteorológicas.

2.3.2 ADVERTENCIAS METEOROLÓGICAS PARA LA AGRICULTURA

Constituyen una valiosa herramienta de apoyo a las actividades operativas de rutina. Son elaboradas periódicamente, sólo cuando se prevé condiciones ambientales predisponentes para la ocurrencia del fenómeno que es necesario alertar.

Estas advertencias se construyen con el pronóstico meteorológico elaborado desde el Centro Nacional de Análisis de la DMC, y se distribuyen por correo electrónico a los usuarios, además ser publicadas en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola.

Algunas de las alertas emitidas son:

1. ADVERTENCIA DE HELADAS

Debido al impacto que las heladas tempranas y/o tardías tienen en diversos ámbitos de la agricultura, se emite una Advertencia de Heladas, consistente en un informe que incluye:

- Tramo en que se pronostican las heladas, fecha de emisión y validez del evento previsto.
- Características generales del evento: breve descripción de la condición sinóptica predominante y sus proyecciones.

- Rangos de temperaturas en grados Celsius pronosticados: se describe una tabla que contiene las regiones y zonas (precordillera y valles) que se estiman sean afectadas, luego para cada fecha de pronóstico se describe los rangos de temperatura mínima que se proyectan para cada día
- Recomendaciones: se describe una serie de comentarios y sugerencias aplicados al área silvoagropecuaria, pertinentes para disminuir el impacto del evento en el sector.

El período de emisión de esta advertencia comprende aproximadamente desde abril, hasta octubre, dependiendo de las fechas extremas de ocurrencia de este fenómeno.

2. ADVERTENCIA DE ALTAS TEMPERATURAS MÁXIMAS

La última década en la zona central del país, se ha presentado con sucesivos años más cálidos que lo normal, junto con presentarse temporadas (octubre a noviembre, 2018-2019 y 2016-2017) con mayor registro de olas de calor desde 1980. Debido al impacto que implica en el sector agropecuario eventos de aumentos extremos de temperatura máxima, se emiten Advertencias de altas temperaturas máximas, para eventos que se consideren de riesgo para el área. El informe correspondiente contiene los siguientes aspectos:

- Tramo en el cual se espera el evento, la fecha de emisión y periodo de validez de la advertencia.
- Características generales del evento: breve descripción de la condición sinóptica predominante y sus proyecciones.
- Rangos de temperaturas en grados Celsius pronosticados: se describe una tabla que contiene las regiones y zonas (precordillera y valles) que se estiman sean afectadas, luego para cada fecha de pronóstico se describe los rangos de temperatura máxima que se proyectan para cada día.
- Recomendaciones: describe una serie de comentarios y sugerencias aplicados al área silvoagropecuaria, pertinentes para disminuir el impacto del evento en el sector.

3. ADVERTENCIA DE PRECIPITACIONES

En eventos de precipitación, cuando los pronósticos indican una intensidad (referido en especial a una cantidad de milímetros sobre lo normal en poco tiempo) que pueda significar riesgos para el sector, se emiten advertencias de precipitación. Se detallan los siguientes aspectos:

- Tramo en el cual se espera el evento, la fecha de emisión y periodo de validez de la advertencia
- Características generales del evento: breve descripción de la condición sinóptica predominante y sus proyecciones.
- Rangos de precipitación en milímetros pronosticados: se describe una tabla que contiene las regiones y zonas (costa, valle, precordillera y/o cordillera), los rangos de precipitación en milímetros estimados y los días para los cuales se pronostican las precipitaciones
- Recomendaciones: describe una serie de comentarios y sugerencias aplicados al área silvoagropecuaria, pertinentes para disminuir el impacto del evento en el sector.

4. ADVERTENCIA DE TORMENTAS ELÉCTRICAS

Las tormentas eléctricas están asociadas a un tipo de nubosidad que, de acuerdo a su desarrollo y energía, pueden condicionar además de las descargas eléctricas como truenos y relámpagos, precipitaciones de tipo chubascos y granizos intensos, localizados. Lo cual puede traducirse en daños tanto en personas, ganadería expuestos en lugares abiertos en caso de descargas eléctricas, así también como daños en cultivos productos de intensas granizadas. Por esta razón, en caso de ser pronosticados eventos de particular intensidad de tormentas eléctricas, se emiten advertencias las cuales contiene los siguientes aspectos:

- Tramo en el cual se espera el evento, la fecha de emisión y periodo de validez de la advertencia.
- Características generales del evento: breve descripción de la condición sinóptica predominante y sus proyecciones.
- Recomendaciones: describe una serie de comentarios y sugerencias aplicados al área silvoagropecuaria, pertinentes para disminuir el impacto del evento en el sector.

2.3.3 PRONÓSTICOS AGROMETEOROLÓGICOS

El pronóstico agrometeorológico se envía a cada CRIA entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, durante la tarde de días hábiles y se publica en www.meteochile.gob.cl- Meteorología Agrícola y contiene la siguiente información:

- **Apreciación general**
Describe la situación meteorológica actual, existente en la Región
- **Pronóstico meteorológico para el día**
Incluye la siguiente información
- **Pronóstico por áreas**
Dentro de la Región (costa, valles y precordillera)
Nubosidad (nublado, parcial, cubierto, despejado o escasa nubosidad) y fenómeno (llovizna, precipitaciones, chubascos, niebla – neblina, heladas o intensidad del viento)
- **Comentario Agrometeorológico**
Entrega un breve comentario sobre la incidencia de las condiciones y/o parámetros meteorológicos pronosticados, influyentes en las actividades del agro regional.
- **Pronóstico por localidades y parámetro**
Localidades de la región y los siguientes parámetros: rango de temperatura mínima y máxima y fenómeno.

Temperatura máxima y mínima, dirección e intensidad del viento y humedad relativa

- Pronóstico por áreas para las siguientes 24, 48 y 72 horas de plazo

Estimación de las condiciones meteorológicas a 2 y 3 días. Esta información le permite al usuario, tener una visión aproximada de la evolución futura de las condiciones atmosféricas y facilitar la adopción de medidas operativas de manejo, tales como, aspersiones fitosanitarias, manejo de empastadas y otras.

2.3.4 BOLETINES AGROMETEOROLÓGICOS

Corresponde a información meteorológica y su relación con diversas actividades agrícolas, representada en diversos formatos dirigidos al agricultor. Su finalidad es apoyar las actividades operativas y/o de planificación en aspectos relativos a la incidencia del comportamiento atmosférico y su relación con el riego, el control de aplicaciones fitosanitarias y el control de malezas, entre otros.

BOLETÍN SEMANAL

Este boletín es publicado en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola, redes sociales de la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrometeorológicos (SEGRA)- MINAGRI y Revista el Campo- El Mercurio. Proporciona un resumen estadístico semanal para algunas variables meteorológicas registradas entre la Región de Coquimbo y Los Lagos. Específicamente incluye información de temperatura media y normal, grados días base 10, horas de frío, días con heladas y precipitaciones.

Este boletín incluye un resumen de las condiciones meteorológicas más relevantes observadas entre el jueves de la semana anterior y el miércoles de la semana actual. En este resumen se destacan aquellos fenómenos que, de una u otra forma han mantenido alguna incidencia en los aspectos productivos.

También se considera en este boletín un pronóstico que cubre el período correspondiente a la semana siguiente, esto es de lunes a domingo, siendo, además, complementado con la respectiva recomendación agrometeorológica, información útil para la planificación de actividades de los usuarios agrícolas.

Complementa este boletín, información gráfica, relativa a parámetros meteorológicos que ameritan ser resaltados por su comportamiento durante el período, y que pueden ser comparados con períodos anteriores, con los promedios o normales que se disponga para las localidades o regiones consideradas. Normalmente se consideran la temperatura y/o la precipitación.

BOLETÍN DECADAL

Este boletín es preparado para cada región entre Coquimbo y Los Lagos, basado en la red agrometeorológica y tiene por objetivo mantener informados a los agricultores respecto a la evolución de las temperaturas, grados días, precipitaciones en los últimos 10 días, de manera que puedan manejar de mejor forma las actividades de planificación agrícola.

BOLETÍN DE HORAS DE FRÍO

Las horas de frío son un índice agrometeorológico de gran importancia en el manejo frutal invernal, pues dependiendo de la evolución estacional de este indicador, el fruticultor puede adoptar medidas de manejo tendientes a optimizar el manejo frutícola predial.

Orientado específicamente a fruticultores, el objetivo de este boletín es mantener informado al productor respecto a la acumulación de horas frío y su comparación respecto a los años anteriores. El boletín se elabora principalmente para localidades de la zona centro-sur del país, emitiéndose entre el 1° de mayo y el 30 de agosto de cada año. El cual contiene la región, localidad, registros de horas para el año en curso, del periodo y acumulado; condición de superávit o déficit en porcentajes, y promedio acumulado. Junto con la publicación de un mapa por región, con las condiciones de déficit y/o superávit. Este producto es enviado a los CRIA y publicado en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola.

BOLETÍN DECADAL DE GRADOS DÍA

Proporciona información sobre los grados días acumulados y está direccionado principalmente al crecimiento y desarrollo de cultivos agrícolas. Mediante su adecuada aplicación, este boletín permite predecir la fecha de cosecha de un determinado cultivo, si se conoce la época de siembra y sus requerimientos térmicos. Se difunde entre el 1° de octubre y el 31 de marzo, para las principales bases o umbrales de crecimiento de cultivos anuales y perennes. Es realizado para las regiones entre Coquimbo y Los Lagos, es publicado en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola y enviado por correo a los CRIA.

- **INFORME DE TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS Y PRECIPITACIÓN ACUMULADA 24 HRS (AM)**
Diariamente se realiza un informe de temperaturas máximas (día anterior) y mínimas del día, de estaciones de la Red estaciones Agrometeorológica automáticas para las regiones desde La Araucanía a Los Lagos, enviadas para realización de pronósticos Agro al Centro Meteorológico Regional (CMR) Sur , con base en Puerto Montt..
- **INFORME DE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS Y PRECIPITACIÓN ACUMULADA 24 HRS.(AM)**
Diariamente se recopilan datos desde SACLIM de estaciones de la Red Estaciones Agrometeorológicas Automáticas (DMC, INIA y FDF) y se construye un informe con datos de temperatura máxima (día anterior), mínima del día y precipitación acumulada las ultimas 24 hrs, para las estaciones disponibles desde la Región de Coquimbo a Los Lagos. Este informe es enviado a los CRIA de cada región. Para el caso de la Región Metropolitana se envía Informe directamente por e-mail a la base de usuarios proporcionado por la SEREMIA de la Región Metropolitana.

BOLETÍN REGIONAL DIARIO AGROMETEOROLÓGICO 08:00 AM

Este producto incluye la información diaria y horaria de las temperaturas extremas (mínima del día en curso y máxima del día anterior), además de las condiciones meteorológicas observadas a las 8:00 h, la precipitación acumulada las últimas 24 horas y la evapotranspiración del día anterior para las estaciones de la región.

BOLETÍN REGIONAL DIARIO AGROMETEOROLÓGICO 14:00 PM

Este producto incluye la información diaria y horaria de las condiciones, meteorológicas observadas a las 14:00 horas y la precipitación acumulada las últimas 24 horas para las estaciones de la región correspondiente.

TEMPERATURA GRADOS DÍAS MENSUAL (BASE 5 A 12)

Este producto incluye el valor diario de Grados Día registrado durante el mes y el acumulado, desde la base 5 a la base 12 para una estación meteorológica determinada.

TEMPERATURA MENSUAL CON PROMEDIOS DECADEALES

Este producto incluye el valor diario de la temperatura mínima, máxima y media registrada durante el mes, además de la temperatura en las horas principales (12:00 UTC y 00:00 UTC). También entrega un resumen mensual de las variables meteorológicas medidas y promedios decadales de temperatura media, mínima y máxima.

INFORME CLIMATOLÓGICO MENSUAL CON DATOS DIARIOS (AGRO)

Este producto incluye los valores medios, acumulados y extremos de distintas variables meteorológicas de interés agro para una estación meteorológica y mes determinado.

INFORME CLIMATOLÓGICO REGIONAL DECADAL

Este producto incluye los valores medios, acumulados y extremos para diferentes localidades de una región determinada.

ANUARIO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Este producto incluye totales diarios y promedios mensuales y anuales de Evapotranspiración para una estación meteorológica y año determinado.

ANUARIO GRADOS DÍAS (BASE 5 A 12) (AÑO AGRÍCOLA)

Este producto incluye el total acumulado de Grados día (de la base 5 a la base 12), de una estación meteorológica determinada para un año agrícola.

ANUARIO HORAS DE FRÍO, AÑO CALENDARIO Y AÑO AGRÍCOLA

Este producto incluye el valor diario de horas bajo los 7°C registrado durante el año seleccionado y el acumulado de un año calendario para una estación determinada.

INFORME MENSUAL PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DE LA RED

Este producto incluye promedios y totales mensuales para toda la Red Agro

MAPAS PRONOSTICADOS

En el sitio www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola, se despliegan mapas de 4 variables meteorológicas: precipitación, temperaturas mínimas, temperaturas máximas y viento, con proyección para las próximas 24, 48, 72 y 96 hrs a partir de la fecha de iniciación del modelo numérico de simulación atmosférica WRF (Weather Research and Forecasting). Las variables mencionadas se presentan en mapas para cada región entre la Región de Coquimbo y Los Lagos, y un mapa que cubre el total de las regiones. La visualización de cada variable se presenta de la siguiente manera:

Mapas de precipitaciones en unidades de medida de milímetros, con valores dados por líneas que unen puntos de igual precipitación (isoyetas)

Mapas de temperatura mínima y máxima en grados Celsius, con valores entregados en líneas que unen puntos de igual temperatura (isotermas)

Mapas de viento se representan los valores de dirección (de donde viene) e intensidad en metros por segundo del viento. Los valores están dados por líneas que unen puntos de igual intensidad de viento (isotacas) y flechas que indican su dirección de donde viene el viento.

AGROMETEORGRAMAS

Los agrometeorogramas disponibles en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola muestran la proyección de variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa y precipitación; previstas a 72 horas (tres días) con el modelo numérico de simulación atmosférica WRF (Weather Research and Forecasting). Se pueden desplegar para distintas comunas de las regiones entre Coquimbo y Los Lagos.

Se despliegan en 3 paneles para cada variable, conteniendo la información pronosticada de manera horaria, en hora UTC, lo cual equivale a una diferencia de 4 horas en invierno y 3 horas en verano, respecto a la hora local.

Existe una plataforma vinculada a www.meteochile.cl, correspondiente al Portal de Servicios Climáticos www.climatología.meteochile.gob.cl, asociado a los Productos Climatológicos Agrometeorológicos disponibles para estaciones de la Red de Estaciones Agro, que corresponden a los siguientes:

2.3.5 BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Este boletín se compone por dos segmentos; el primero: “Análisis agroclimático”, el cual describe el comportamiento mensual del régimen pluviométrico (mensual y condiciones de déficit / superávit acumulado); régimen térmico: con una descripción de la temperatura máxima, mínima, heladas (en el periodo característico del evento), grados días y olas de calor (en periodo de verano). Además, se realiza una descripción del evento meteorológico (precipitaciones intensas, sequía, ola de calor, granizos, etc.) que se destacó en el mes de análisis. El tramo del país que se cubre es desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

El segundo segmento corresponde a la Perspectiva Agroclimática para 3 meses. Está compuesta por una apreciación general del estado del océano y la atmósfera. Luego se describe el pronóstico trimestral de precipitaciones, temperatura máxima y mínima para las 5 zonas del país: Norte Grande, Norte Chico, Central, Sur y Austral. Esta perspectiva contiene un análisis aplicado en el área agropecuario considerando las previsiones estimadas.

Este boletín se desarrolla y publica mensualmente conteniendo el análisis del mes previo al mes de publicación y las proyecciones para los siguientes 3 meses incluyendo el de publicación. Su difusión se realiza a través de correo electrónico a usuarios y se publica en www.meteochile.cl – Meteorología Agrícola.

2.3.6 ANUARIO AGROMETEOROLÓGICO

Es una publicación que recopila información climatológica, generada por distintas estaciones meteorológicas y agrometeorológicas desde la Región de Coquimbo hasta Los Lagos, para el periodo comprendido entre mayo y abril (año agrícola). La recopilación de información contempla las siguientes variables: precipitación, temperatura máxima y mínima, evapotranspiración de referencia, horas de frío y grados día. Además del análisis del comportamiento durante el periodo de eventos de heladas y otros eventos meteorológicos extremos con impacto en el área silvoagropecuario que se hayan registrado en el año agrícola. Finalmente contiene el resumen decadal de variables meteorológicas para las regiones entre Coquimbo y Los Lagos.

La información ambiental anual, generada por las distintas estaciones agrometeorológicas de cada Región. Su utilidad se manifiesta en el hecho que, año tras año, facilitará el conocimiento o confirmación del potencial agroclimático regional.

2.3.7 RESUMEN PRODUCTOS METEOROLÓGICOS Y CLIMÁTICOS DE LA SECCIÓN METEOROLOGÍA AGRÍCOLA, DMC Y SUS APLICACIONES

Dentro de los productos descritos anteriormente se reconoce información de pronósticos y climáticas, las cuales se enfocan a determina escala de días, meses o años y que inciden a determinadas zonas, regiones o conjunto de regiones de nuestro país. Con el fin de ejemplificar las aplicaciones de esta información se realizó una adaptación de un esquema presentado en la publicación : *Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last miles*, FAO,2021. Los esquemas originales están en función de los fenómenos meteorológicos-climáticos y sus impactos en los sectores agrícola y ganadero, de acuerdo a las diferencias espaciales y temporales. En las siguientes adaptaciones (Fig.28 y Fig.29) se incluyen los productos de la Sección Meteorológica y de la DMC, asociada a diferentes variables meteorológicas- climáticas y sus aplicaciones en los sectores agrícolas y ganaderos.

INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA Y SUS APLICACIONES

Agricultura

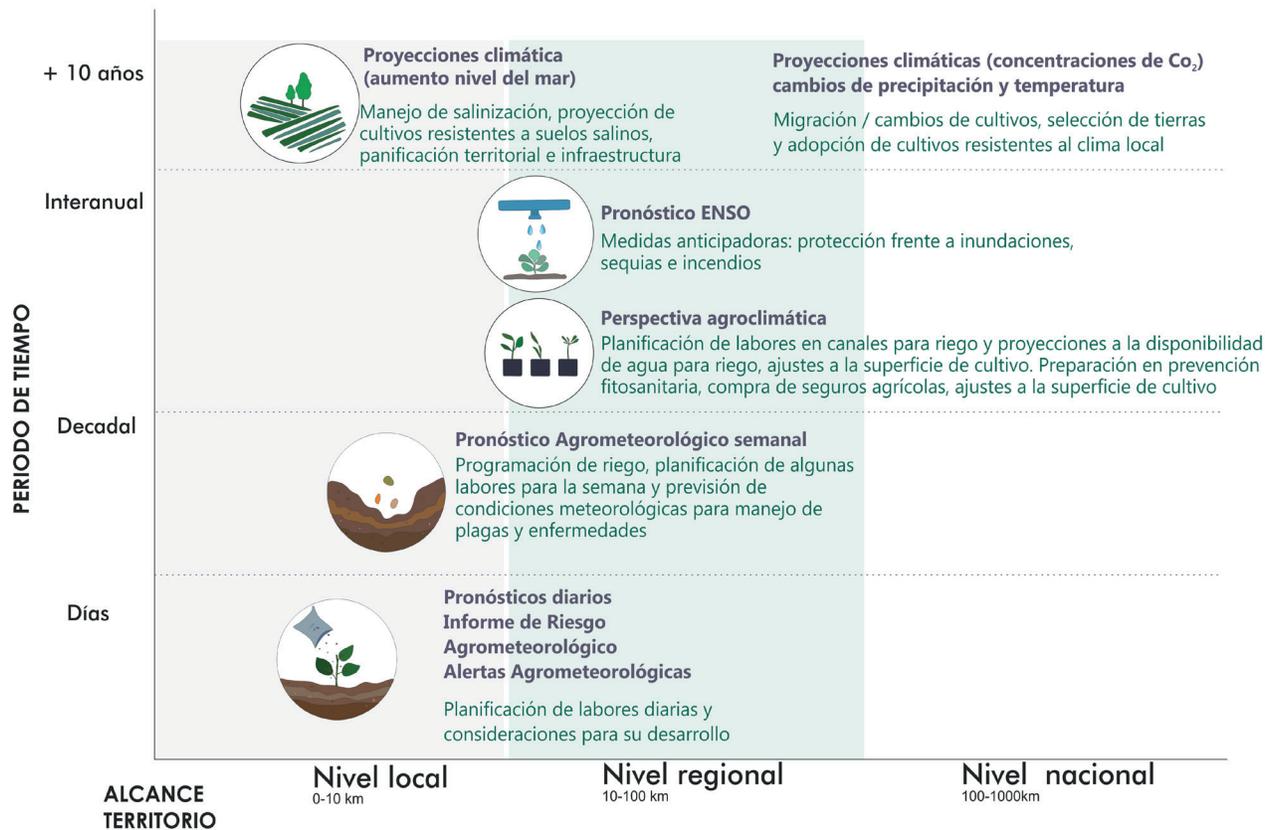


Fig.28. Adaptación espacial y temporal de información meteorológica y climática, asociada a medidas de cuidado y planificación agrícola. Fuente original: Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last mile. FAO. 2021. Fuente adaptación: DMC.

INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA Y SUS APLICACIONES

Ganadería

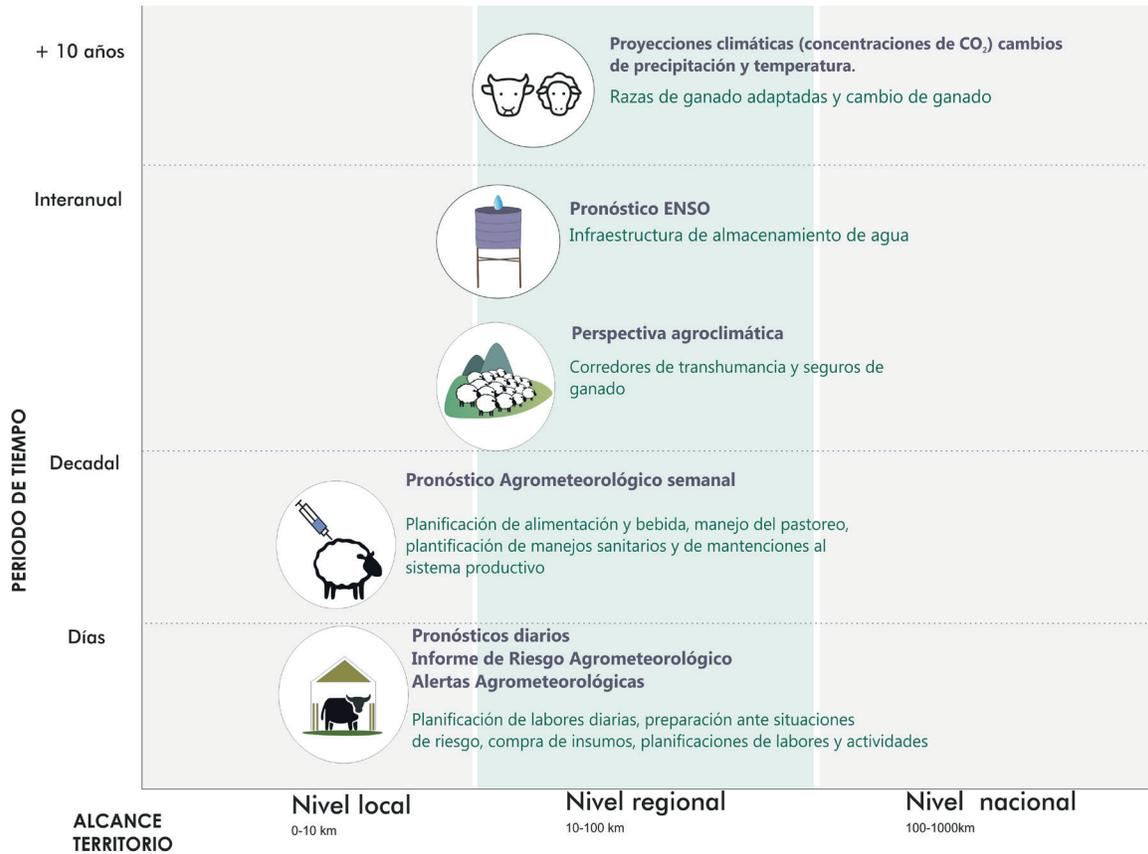


Fig.29 Adaptación espacial y temporal de información meteorológica y climática, asociada a medidas de cuidado y planificación ganadera. Fuente original: Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last mile. FAO. 2021. Fuente adaptación: DMC

2.3.8 MONITOREO DE HELADAS Y MONITOR DE SEQUÍA

MONITOREO DE HELADAS

En la plataforma de Climatología Meteochile (<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/mapaHeladas24Horas>) se encuentra el Monitoreo de heladas, el cual reúne información de estaciones meteorológicas, enfocadas en las temperaturas mínimas asociadas a eventos de heladas en se puede registros recientes, resumen anual e información histórica de heladas en Chile. A continuación se ejemplifican las visualizaciones de ingreso y productos del monitoreo.

Dirección General De Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos

Control ▾ Estaciones ▾ Productos ▾ Publicaciones ▾ Acerca ▾

Monitoreo de Heladas

El monitoreo de heladas se actualiza frecuentemente (*)

Monitoreo actual y últimos 90 días

Permite monitorear las heladas ocurridas durante los últimos días

Resumen Anual

Muestra el total de heladas por año

Histórico de Heladas

Fichas informativas con diversos indicadores relacionados a las heladas, de estaciones meteorológicas que tienen más de 30 años de datos.

Definición de Helada

Se considera 'helada meteorológica' al registro de temperatura igual o menor a 0°C a 1.5 metros sobre el suelo (condiciones típicas de medición en las estaciones meteorológicas).

Estaciones con Heladas Últimas 12 horas

Seleccione una estación para detalles de los últimos 90 días

Mapa de Chile mostrando estaciones con heladas (puntos azules) y sin heladas (puntos grises) en las últimas 12 horas. El mapa incluye una leyenda, un control de zoom y una escala de 100 km / 50 mi.

Fig.30. Imagen de ingreso a Monitoreo de Heladas. Disponible en www.climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/mapaHeladas24Horas

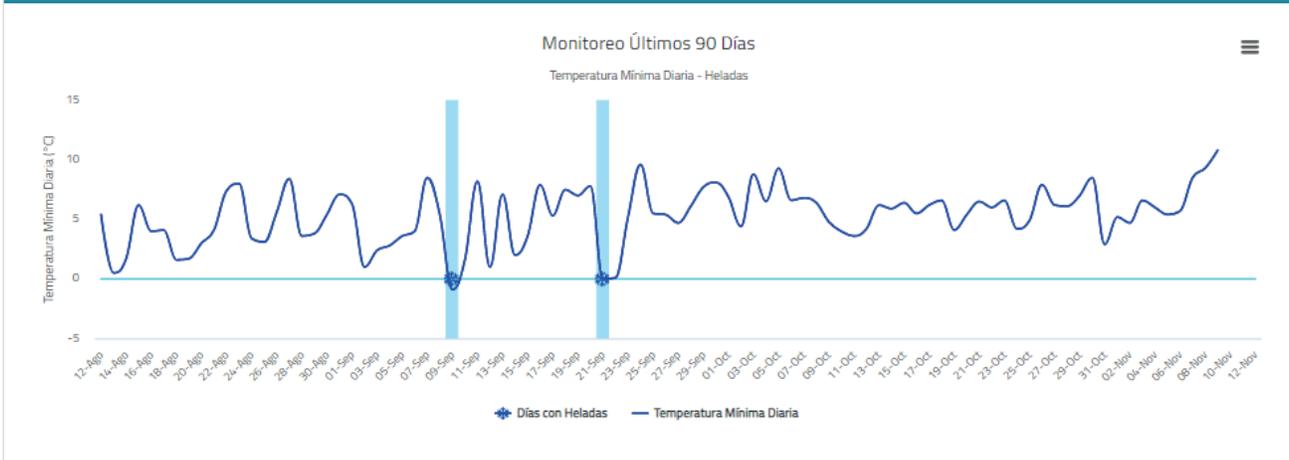


Monitoréo Últimos 90 días - Heladas

Temperatura mínima diaria y días con heladas

Estación Catemu (320055)

09 de Noviembre de 2022



Explicación de la Gráfica:

Esta es una gráfica de monitoreo de la temperatura **mínima** diaria de los últimos 90 días y los períodos de ocurrencia de **heladas**. La curva celeste corresponde a la temperatura **mínima** diaria observada y la recta celeste representa el umbral de **0°C**.

HELADAS ÚLTIMOS 5 DÍAS

05-11-2022	06-11-2022	07-11-2022	08-11-2022	09-11-2022
s/h	s/h	s/h	s/h	s/h

Fig.31. Imagen asociada al producto de registro de heladas en los últimos 90 días de la estación meteorológica de Catemu (R. Valparaíso). Disponible en www.climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/mapaHeladas24Horas

MONITOR DE SEQUÍA

Monitor de Sequía de Chile

El monitoreo de sequía meteorológica en Chile desarrollado por la DMC y el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), tiene como objetivo proporcionar un nuevo índice que permite un análisis más detallado de la sequía en nuestro país considerando no sólo la precipitación como fuente de información, sino también la temperatura. El monitor de Sequía se gestó a partir del apoyo del Proyecto Euroclima+: Sequías e Inundaciones.

Está conformado por la combinación estadística de índices estandarizados de precipitación (SPI), de temperatura (STI), humedad del suelo (SSMI), de evapotranspiración (SPEI) y vegetación (SNDVI). El monitor recurre a datos observados y satelitales (correctados), para 33 estaciones meteorológicas operativas y 209 estaciones virtuales, las que se actualizan mes a mes, abarcando prácticamente todas las comunas del país. Además, mensualmente se publicará un Boletín de sequía con toda la información recabada.

El monitor proporcionará mapas de intensidad de la sequía, de persistencia (acumulación de la intensidad a mediano plazo de 3 y 6 meses y largo plazo 12, 24, 36 y 48 meses), y también se suministrarán mapas del SPI, SPEI y SNDVI. Otro insumo relevante es el porcentaje de área afectada por la sequía según categorías y la serie de tiempo de este porcentaje a nivel nacional. Ejemplos de productos de monitor en Fig.32A,32B y Fig.33.

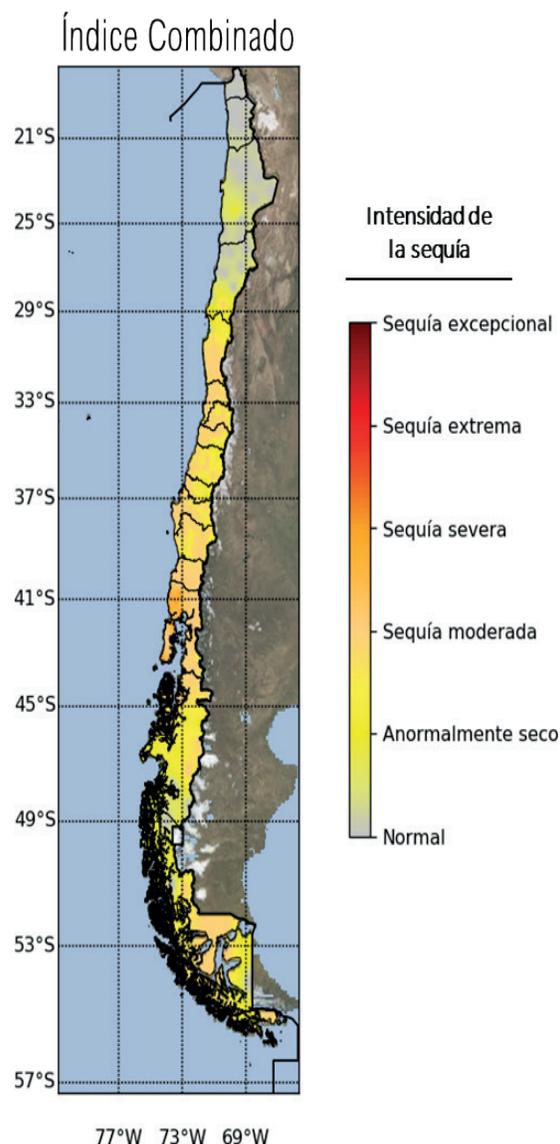


Fig.32A Ejemplo de mapa del Índice de sequía. Disponible en . <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE1029>

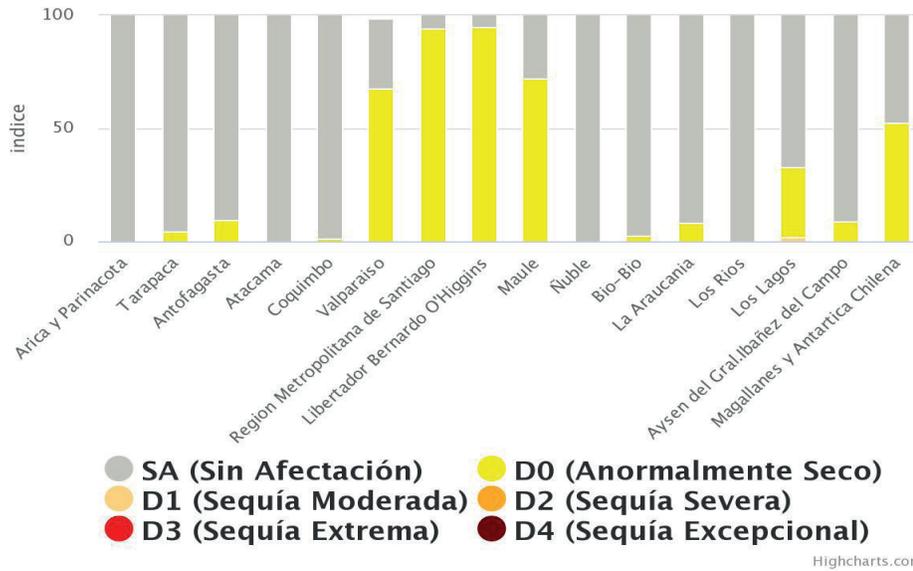


Fig.32B. Ejemplo de Porcentaje de afectación regional de sequía. Estas graficas indican por región el porcentaje de afectación de acuerdo al índice de sequía, categorizandose de acuerdo a los colores y descripciones indicadas como SA,D0,D1,D2,D3 y D4. Disponible en . <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE1029>

Monitor de Sequía
Porcentaje de Afectación Nivel Regional

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el mes. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Año:
 Mes:

Descripción General del Producto

El Monitor de Sequía, es una nueva herramienta para el seguimiento mensual de la sequía en Chile, que se gestó con el apoyo del Proyecto Euroclima+: Sequías e Inundaciones. Debido a las nuevas condiciones climáticas se hizo necesario recurrir a índices más representativos que involucren otras variables, tales como precipitación (SPI), temperatura (STI), humedad del suelo (SSMI), evapotranspiración (SPEI) y vegetación (SNDVI). El monitor recurre a datos observados y satelitales abarcando los tres niveles territoriales y cuencas.

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Monitor de Sequía de Chile
 Datos: estación: "Santiago" (septiembre de 2012)
 Para mayor información: 02 2548 4000

Mapa de Sequía:

Porcentaje regional de afectación:

Historial de la sequía:

Fig.33. Imagen de acceso al Monitor de Sequía, disponible en . <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE1029>

CAPÍTULO III

ACCESO Y DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN AGROMETEOROLÓGICA

3.1 DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE

La Dirección Meteorológica de Chile dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, es el organismo responsable del quehacer meteorológico en el país, cuyo propósito es satisfacer las necesidades de información y previsión meteorológica de todas las actividades nacionales.

FUNCIÓN BÁSICA

Proporcionar la información meteorológica básica y procesada que requiere la Aeronáutica, y proveer servicios meteorológicos y climatológicos a las diferentes actividades socioeconómicas que requiere el país para su desarrollo. Además, realizar investigación meteorológica, en coordinación con organismos nacionales e internacionales, y administrar el Banco Nacional de Datos Meteorológicos.

FUNCIONES ESPECÍFICAS

- Recopilar y suministrar información y previsión meteorológica destinada a dar servicio a la aeronáutica y a todas las actividades productivas y de planificación nacional.
- Desarrollar actividades de investigación, conducentes al desarrollo y aprovechamiento de la meteorología en todos los campos de la actividad nacional.
- Participar conjuntamente con organismos gubernamentales, en el estudio y aplicación de la meteorología en los distintos ámbitos del quehacer nacional.
- Establecer y mantener enlace con organismos e instituciones científicas internacionales de meteorología, con el fin de optimizar la gestión y proyectar la Dirección en el ámbito científico internacional.
- Administrar el Banco Nacional de Datos Meteorológicos.
- Elaborar la normativa subsidiaria en relación con el reglamento Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea.
- Instalar, mantener y operar los sistemas meteorológicos implementados para la navegación aérea y otras actividades.

La DMC como servicio meteorológico nacional, cumple un rol fundamental en la implementación de servicios climáticos, tal como se detalló en capítulos anteriores. En esta línea la DMC esta ejecutando proyectos internacionales, los cuales se detallan a continuación.



Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile

Euroclima+



Financiado por
la Unión Europea

PROYECTO EUROCLIMA +

Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales y Regional de Monitoreo y Gestión de Riesgos de la Sequía e Inundaciones en un contexto de cambio climático y desertificación en los países andinos.



OBJETIVOS

La iniciativa esta basada en los principios de acción regional cuyo propósito es facilitar la coordinación y fortalecer los mecanismos de cooperación entre las instituciones.

OBJETIVO GENERAL

Reducir los impactos sociales y económicos asociados a las inundaciones y sequías mediante el fortalecimiento de capacidades y la articulación de las Instituciones regionales, nacionales y locales involucradas en la gestión del riesgo de sequías e inundaciones en los países del oeste de Sudamérica.



Objetivo 1: Fortalecer los servicios climáticos regionales y nacionales.



Objetivo 2: Fortalecer los sistemas nacionales para la gestión de los riesgos de desastres por sequías e inundaciones.



Objetivo 3: Implementar en áreas designadas en cada país, sistemas locales de información, alerta temprana y mitigación de las sequías e inundaciones



FINANCIAMIENTO

El proyecto es financiado por la Unión Europea, a través de EUROCLIMA +, en su componente de gestión de desastres con un monto de **1.500.000** euros, por un periodo de ejecución de **36** meses (2019-2021/22).

Más información en:
www.euroclima.org



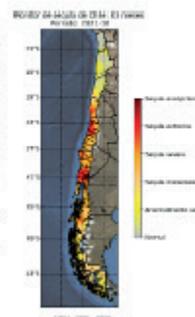
PAÍSES PARTICIPANTES

Los países que participan en el proyecto son: Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. El Centro Internacional del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) es la agencia implementadora del proyecto.



SERVICIOS CLIMÁTICOS

Los productos esperados son la mejora del monitoreo de la sequía, a través de la plataforma CASTER, la cual entregará a los usuarios boletines y productos de la sequía utilizando índices estandarizados de precipitación, temperatura, humedad y vegetación.



Estación Camaleón (Angol)

La participación ciudadana se hace presente con la implementación de la **red de voluntarios del clima**, en la cual se reportará a través de una aplicación móvil los registros de precipitación y de la impactos de la sequía.

Implementado por:





CIIFEN



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

ADAPTATION FUND

PROYECTO ENANDES

Mejora de la Capacidad Adaptativa de las Comunidades Andinas a través de los Servicios Climáticos



OBJETIVOS Mejorar las capacidades para adaptarse a los efectos del **cambio climático** mediante **Servicios Climáticos**



Diseño, producción y comunicación de **Servicios Climáticos**.



Coordinación institucional para adaptar los servicios climáticos a las **necesidades de los usuarios**.



Compromiso en apoyar el desarrollo y la aplicación de **planes locales de adaptación**.



Coordinación y **cooperación regional** y global para la prestación de servicios climáticos y acciones de adaptación.

PARTICIPANTES

Líder del Proyecto

- Organización Meteorológica Mundial – OMM.

Implementadores

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI – Perú.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – Colombia.
- Dirección Meteorológica de Chile – DMC.
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño – CIIFEN, en su papel de Centro Climático Regional para el Oeste de Sur América.

FINANCIAMIENTO



FONDO DE ADAPTACIÓN

Financiamiento total de USD ~7 millones, con USD ~1.2 millones para implementar el proyecto en Chile

ÁREAS DE INTERÉS EN CHILE

Cuenca del río Aconcagua, región de Valparaíso:

Entender los impactos de la **variabilidad climática** y **cambio climático** en el sistema hídrico, agricultura y comunidades locales.

Sector eléctrico desde la Región de Arica a la Isla de Chiloé:

Debido a la **conectividad e interdependencia** que tienen las instalaciones del sector eléctrico (generación, transmisión y distribución), **variaciones en tiempo y clima** en un determinado punto de la red repercuten a lo largo del sistema.





Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile



SISSA



PROYECTO SISSA

Sistema de Información sobre Sequías para el Sur de Sudamérica



SISSA

El Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica (SISSA), es una institución virtual que funciona en el marco del Centro Regional del Clima para el sur de América del Sur (CRC – SAS).

OBJETIVO GENERAL

Proveer de herramientas e información sobre las sequías y sus impactos a gobiernos, instituciones no gubernamentales y privadas e individuos. Esta información permite:



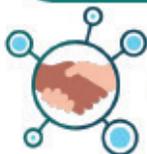
- Monitorear y predecir la ocurrencia de sequías.



- Anticipar los impactos esperables en sectores económicos y comunidades.



- Fomentar la planificación y preparación anterior a la ocurrencia de sequías para mitigar sus daños, aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad.



FINANCIAMIENTO

El proyecto es financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su primera etapa 2019-2021 y una segunda entre 2022 y 2024 con financiamiento de la Unión Europea, a través del EUROCLIMA +

Más información en:
<https://sissa.crc-sas.org>



PAÍSES PARTICIPANTES

El SISSA es una institución virtual en la cual participan agencias gubernamentales, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y el sector privado de los seis países miembros del Centro regional del Clima para el Sur de América del Sur (CRC-SAS): Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.



PLATAFORMA SISSA

<https://sissa.crc-sas.org>



ESTUDIOS EN CHILE

Como parte del desarrollo del proyecto, en Chile se han realizado diversos talleres y actualmente esta en ejecución el estudio que se indica a continuación:

- Taller *Vulnerabilidad y resiliencia a las sequías en el sector agropecuario.*
- Taller *Fase preparatoria para la elaboración de un plan de acción nacional de sequía.*
- *Estudio simulaciones de rendimiento de trigo en condiciones de sequía, regiones de Maule, Ñuble y La Araucanía.*

3.2 CENTROS REGIONALES DE INFORMACIÓN AGROMETEROLÓGICA (CRIA)

La sección de Meteorología Agrícola de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) tiene un énfasis operativo, resultante de una orientación de recursos hacia la contingencia y el devenir de las condiciones atmosféricas a corto y mediano plazo. Para focalizar estos esfuerzos en regiones, la DMC ha establecido una relación estratégica con el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) a través de sus Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMIA's), para la implementación de Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA), los que funcionan en horario administrativo de Lunes a Viernes. Las Regiones de Ñuble, Los Ríos y resto de Regiones del país que no cuentan con CRIAs, se encuentran en etapa de implementación en los próximos años.

En este contexto, Meteorología Agrícola de la DMC interactúa con la Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas (SEGRA) y los distintos servicios del MINAGRI para optimizar el servicio al agro e integrar equipos de trabajo, con el fin de beneficiar a los agricultores.

CENTROS REGIONALES DE INFORMACIÓN AGROMETEROLÓGICA (CRIA)

A través de los Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA), los agricultores y público en general pueden acceder a información de corto plazo (pronósticos diarios y alertas para la agricultura) y mediano plazo (boletines y anuarios). A través del CRIA también puede interactuar con la DMC para efectuar consultas, requerimientos, sugerencias y recomendaciones, solicitudes específicas, asesorías, etc.

A continuación se detalla información asociada a los CRIA.

REGIÓN DE COQUIMBO

Dirección: Pedro Pablo Muñoz N° 200- La Serena

Teléfono: +56-51-22213681, +56-51-22213146, +56-51-22219665

Encargado: Sandra Perret (sandra.perret@minagri.gob.cl)

SEREMIA: Hernán Saavedra Escobar

REGIÓN DE VALPARAÍSO

Dirección: Freire N° 765- Quillota

Teléfono: +56-33-2310453, +56-33-2310259

Encargado: Julio Galleguillos (julio.galleguillos@minagri.gob.cl)

SEREMIA: Yolanda Cisternas Núñez

REGIÓN METROPOLITANA

Dirección Av. Portales N° 3396, 2° Piso, Santiago

Teléfono +56-22-6817999, +56-22-6812661

Encargado Yasna Olivares (yolivares@dgac.gob.cl)

SEREMIA Nathalie Joignant Pacheco

REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

Dirección Cuevas N° 480, 2° Piso, Rancagua
Teléfono +56-72-2221711, +56-72-2225643
Encargado Pamela García (pamela.garcia@minagri.gob.cl)
SEREMIA Cristián Silva Rosales

REGIÓN DEL MAULE

Dirección 3 Norte N° 980, Talca
Teléfono +56-71-2229277, +56-71-2236632
Encargado Rubén Astudillo (ruben.astudillo@minagri.gob.cl)
SEREMIA Ana Muñoz Muñoz

REGIÓN DE ÑUBLE

Dirección Schleyer N° 145, Chillán
Teléfono +56-42-2469100, +56-42-2469101
Encargado Rodrigo Orrego (rodrigo.orrego@minagri.gob.cl)
SEREMIA César Rodríguez Alarcón

REGIÓN DEL BIOBÍO

Dirección Serrano N° 529, Piso 3, Concepción
Teléfono +56-41-2227201, +56-41-2217679
Encargado Marcel Fuentes (marcel.fuentes@inia.cl)
SEREMIA Pamela Yáñez Gatti

REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Dirección Bilbao N° 931, 2° Piso, Temuco
Teléfono +56-45-2211704
Encargado Gustavo Aylwin (gustavo.aylwin@minagri.gob.cl)
SEREMIA Héctor Cumilaf Huentemil

REGIÓN DE LOS LAGOS

Dirección Av. Décima Región N° 480, Puerto Montt
Teléfono +56-65-2254053
Encargado Jaime Jaramillo (jaime.jaramillo@minagri.gob.cl)
SEREMIA Tania Salas Araya

3.3 DIFUSIÓN DE INFORMACIÓN AGROMETEOROLOGICA

La difusión de los productos agroclimáticos como informe de riesgo, advertencias (por heladas, precipitación, altas temperaturas u otras), boletines, perspectivas, etc. se despliega en la página web de la Institución (Fig.34), junto con enviar la información por correo electrónico a usuarios frecuentes y mantener comunicación directa y permanente con los CRIAS. Así mismo, a través de las redes sociales oficiales de meteochile, como Facebook, Twitter e Instagram (Fig. 35).



Fig.34. Imagen de inicio Meteorología Agrícola en www.meteochile.gob.cl.

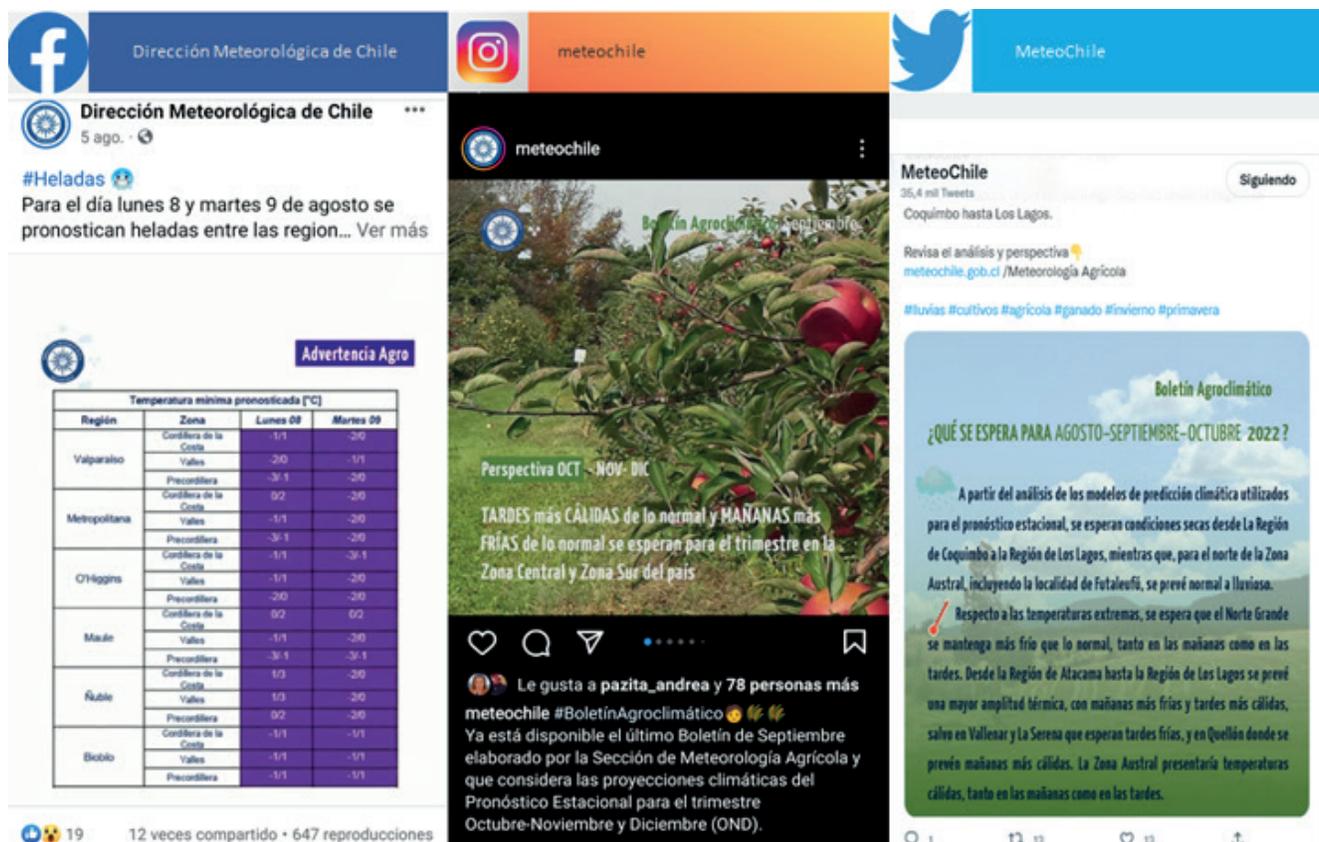


Fig.35. Ejemplos de difusión en redes sociales oficiales de meteochile. : Facebook.com/meteochiledmc; instagram.com/meteochile/ y twitter.com/meteochile_dmc

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA APLICADA A LA AGRICULTURA

La disponibilidad de datos cuantitativos, tanto de variables físicas (meteorológicas, hidrológicas y pedológicas) como biológicas, son esenciales para la meteorología agrícola, ya que sin ellos no se podría analizar, investigar y asistir apropiadamente a los productores agrícolas en la prevención de daños y en la creciente demanda de productos agrícolas.

Los datos básicos que se utilizan en la meteorología agrícola son en gran parte los mismos utilizados en la meteorología general, ya sea usando el dato como tal o utilizando derivados de estos. Para definir y caracterizar las variables meteorológicas, se utilizarán las siguientes definiciones, dadas por la OMM.

- Elemento: aspecto climático que se puede describir de forma estadística, por ejemplo: temperatura, precipitación, humedad, etc.
- Parámetro: Indicador estadístico de un elemento climático, por ejemplo; el promedio, los percentiles, valores extremos, etc.

A continuación, a lo largo de este capítulo, se especifican los elementos necesarios para describir el clima, indicando los instrumentos que miden dichos elementos, así como algunos parámetros obtenidos de ellos y sus aplicaciones en la agrometeorología.

4.1 VARIABLES AGROMETEOROLÓGICAS

La obtención de los datos meteorológicos es a través de diversos instrumentos meteorológicos, los que sirven para medir diferentes elementos climáticos. Al conjunto de estos diversos instrumentos ubicados en un lugar específico se les llama estaciones.

Las estaciones que forman parte de la red nacional pueden tener instrumentos autográficos, encontrado en estaciones convencionales, como automáticos, encontrados en las estaciones meteorológicas automáticas (EMA). En la DMC la obtención de datos en una estación convencional es a través de un observador meteorológico o un técnico en servicio de vuelo (TSV), los cuales revisan los instrumentos cada 1 hora para obtener los datos y pasarlos a una tabla o formato digital. Por otro lado, los datos de las estaciones automáticas se registran y transmiten automáticamente, por lo tanto, la frecuencia de obtención de información proveniente de estos instrumentos es mayor.

Luego de obtener la información meteorológica se pueden hacer distintos cálculos en base a los elementos, obteniendo así diferentes parámetros que son muy importantes en la aplicación agrometeorológica.

4.1.1 TEMPERATURA DEL AIRE

Es una magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas del aire, informando el calor o energía térmica del mismo.

Los instrumentos meteorológicos utilizados para medir este elemento son:

- Estaciones meteorológicas convencionales: termómetros líquidos (mercurio o alcohol), termógrafo y el higrómetro.
- Estaciones meteorológicas automáticas: termopares o termocuplas, sensor resistivo o semiconductores.

Algunos parámetros importantes que se pueden obtener a través de este elemento son:

- **Temperatura mínima y máxima**

T. mínima: Corresponde al valor mínimo de temperatura que se registra durante las 24 horas del día, generalmente se da durante la noche, entre las 00 y 12 UTC.

T. máxima: Corresponde al valor máximo de temperatura que se registra durante las 24 horas del día, generalmente se da en la tarde, entre las 12 y 00 UTC.

Ocasionalmente, ocurre que estos valores se registran fuera de estos horarios, en estos casos, se debe registrar como una observación especial dentro de las estadísticas que se confeccionen, dejando constancia del valor y la hora en la que se produjo. Como, por ejemplo:

El 04 de julio del 2020 la T. mínima fue: 5.1°C a las 14:30 hr local (18:30 UTC).

Para obtener los datos de temperatura máxima dirigirse a www.meteochile.gob.cl o ingresar al siguiente enlace (Fig.36)

The image shows a web interface for requesting a 'Temperatura Máxima' report. On the left, there is a form with fields for 'Estación' (with a 'Código Nacional' dropdown) and 'Año' (with 'Año del Informe' dropdown), and a 'Generar Informe' button. On the right, a preview of the report is shown, featuring a line graph of daily maximum temperatures and a data table.

Estación	Temperatura Máxima
1	25.6
2	30.0

Fig.36. Imagen ilustrativa producto temperatura máxima en www.climatologia.meteochile.gob.cl

Por otro lado, en el enlace de la Fig. 37 se encuentran los datos de las temperaturas mínimas para descargar:

Link
https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2006

Anuario Temperatura Mínima

Valores diarios, mensuales y extremos para un año

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación ?

Año

Generar Informe

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Dirección General de Aeronáutica Civil
 Dirección Meteorológica de Chile - Servicio Climático

Anuario Temperatura Mínima Diaria

Datos: Mensual y anual en °C

Estación: Quena Normal, Santiago Estremoz

2014

Temperatura Mínima (°C)

Mes	Meses											
	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	15.5	9.8	12.5	9.5	5.8	3.1	-0.8	1.8	2.9	6.5	11.2	15.5
2	15.6	9.1	12.2	9.6	6.6	2.9	-0.2	-0.5	1.8	5.1	10.1	15.5

Fig.37. Imagen ilustrativa producto Anuario temperatura máxima en www.climatologia.meteochile.gob.cl

- **TEMPERATURA MEDIA DIARIA**

Corresponde a la temperatura promedio diaria, la cual se puede calcular de distintas maneras, siendo la mejor forma de obtener este valor, recopilando la mayor cantidad de observaciones de la temperatura durante las 24 horas del día. Pero debido a que no todas las estaciones cuentan con un sistema automático, por ende, una mayor densidad de datos, se han establecido algunas fórmulas para estandarizar este parámetro. Es así como, a continuación, se describen dos formas de obtener la temperatura media diaria.

Cálculo de T. Media diaria utilizado en la DMC:

$$T_{media} = \frac{T_{min} + T_{max} + T_{seco\ 12} + T_{seco\ 00}}{4}$$

EJEMPLO

- T_{max} = 30.5 °C. (Temperatura máxima)
- T_{min} = 9.6 °C. (Temperatura mínima)
- T_{seco 12} = 11.0 °C. (Temperatura termómetro seco a las 12:00 UTC)
- T_{seco 00} = 19.8 °C. (Temperatura termómetro seco a las 00:00 UTC)

$$T_{media} = \frac{9.6^{\circ}\text{C} + 30.5^{\circ}\text{C} + 11.0^{\circ}\text{C} + 19.8^{\circ}\text{C}}{4} = 17.7^{\circ}\text{C}$$

Cuando se dispone sólo de los valores extremos se puede calcular de la siguiente manera:

$$T_{media} = \frac{T_{min} + T_{max}}{2}$$

EJEMPLO:
 T. máx = 30.5°C
 T. mín = 9.6°C.

$$T_{media} = \frac{9.6^{\circ}\text{C} + 30.5^{\circ}\text{C}}{2} = 20.0^{\circ}\text{C}$$

Lo que da como resultado un valor de temperatura media igual a 20.0°C.

Al igual que las temperaturas máximas y mínimas, en la página www.meteochile.gov.cl se pueden descargar los datos, ya calculados, de la temperatura media, accediendo al siguiente enlace (Fig.38):

Link <https://climatologia.meteochile.gov.cl/application/requerimiento/producto/RE2005>

Anuario Temperatura Media
 Valores diarios, mensuales y extremos para un año

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,DACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación ?

Año

Generar Informe

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Temperatura Media Climatológica
 Datos Mensual y Anual en °C
 Estación (Código Nacional, WMO) (Estación)
 Datos Normal, Santiago - 2010

Gráfico de Temperatura Media Mensual (°C) vs Meses.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
1	23.9	24.0	26.6	16.7	13.9	8.9	5.8	8.4	15.5	19.1	22.5
2	23.7	24.5	21.2	18.8	10.7	6.5	6.9	7.1	11.7	17.1	21.4

Fig.38. Imagen ilustrativa producto Anuario temperatura media en www.climatologia.meteochile.gov.cl

AMPLITUD TÉRMICA

Corresponde a la diferencia entre la temperatura máxima y temperatura mínima, por lo que se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Amplitud térmica} = T_{máxima} - T_{mínima}$$

EJEMPLO:

T. máxima = 14.2°C T. mínima = 5.1°C

$$\text{Amplitud térmica} = 14.2^{\circ}\text{C} - 5.1^{\circ}\text{C} = 9.1^{\circ}\text{C}$$

4.1.2 GRADOS-DÍA

Es uno de los índices más utilizado para estimar el desarrollo de las plantas (Qadir et al., 2007). Se refiere a la acumulación o suma de calor que requieren las plantas, en un cierto periodo de tiempo (semanas, meses, años), para completar cada periodo fenológico. Basándose en la relación que hay entre la tasa de desarrollo de la planta y la temperatura del ambiente, asumiendo una temperatura base bajo la cual la planta no se desarrolla (Pereira et al., 2002; Lozada et al., 2004).

$$\text{Grados día} = T.\text{media diaria} - \text{Temperatura Base.}$$

EJEMPLO:

T. media diaria = 17.7°C

$$17.7^{\circ}\text{C} - 10 = 7.7^{\circ}\text{Base 10}$$

$$17.7^{\circ}\text{C} - 5 = 12.7^{\circ}\text{Base 5}$$

T. media diaria = 9.1°C

$$9.1^{\circ}\text{C} - 10 = 0.0^{\circ}\text{Base 10}$$

$$9.1^{\circ}\text{C} - 5 = 4.1^{\circ}\text{Base 5}$$

Los datos mensuales de los grados-día (con base 5 a 12) se pueden encontrar en la página web de meteochile, ingresando al siguiente enlace(Fig.39):

Link <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2017>

Temperatura Grados Días Anual

Acumulación de Grados días (base 5 a 12)

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación ?

Año

[Generar Informe](#)

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos

Inicio | Mapa | Estadísticas | Publicaciones | News

Temperatura Grados Días Anual

Acomulación de Grados días (base 5 a 12)
Estación Quinta Normal, Santiago (330000)
Año de 2019

Temperatura Grados Días Anual

(CUMULACIÓN DE GRADOS DÍAS (BASE 5 Y 12))

Año	Mes	Base - 05	Base - 06	Base - 07	Base - 08	Base - 09	Base - 10	Base - 11	Base - 12
2019	Mayo	223.6	171.6	142.5	111.6	83.8	58.6	42.1	27.5
2019	Junio	323.1	219.5	192.9	141.6	107.7	75.5	52.4	32.4
2019	Julio	417.9	320.1	264.6	176.7	133.3	91.6	64.4	40.4

Fig.39. Imagen ilustrativa de producto Temperatura grados días anual, disponible en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.3 HORAS DE FRÍO

Muchas especies entran en un estado de dormancia en el periodo de invernación y su despertar vegetativo en los meses de primavera se relaciona con las características térmicas del invierno precedente (Ortiz, 1987), esto se refiere a que necesitan acumular un periodo de tiempo determinado con temperaturas relativamente bajas para mantener su desarrollo normal. Nightingale y Blake en 1974, determinaron que una temperatura límite superior de 7°C es favorable para la acumulación de frío invernal, designándose “horas de frío” a la cantidad de horas en las que la temperatura permanece por debajo de ese nivel (Ortiz, 1987) y sobre los 0°C, ya que esta temperatura ya no satisface las necesidades de frío.

Existen varias maneras de obtener esta información. En una estación convencional, puede ser mediante el uso de diagramas de higrotermógrafos, a los cuales se les debe realizar un proceso previo, sin embargo, a la falta de diagramas de higrotermógrafos existen varias fórmulas que se pueden utilizar, en dicho caso se debe tener un gran conocimiento del clima del lugar, puesto que todas ellas han sido desarrolladas en el extranjero para ser usadas principalmente en cultivos de frutales con características particulares de la zona.

EJEMPLO del uso del Higrotermógrafo

En primer lugar, se debe verificar que el registro coincida con la escala de las temperaturas (líneas horizontales), para ello es necesario que la instalación del diagrama sea realizada en forma cuidadosa, además, se debe verificar que las temperaturas registradas durante la semana tengan concordancia con la información oficial. Luego, se traza una línea horizontal en los 7°C, por lo que todo el registro que quede en la parte inferior de esta línea corresponderá a la duración de las horas de frío. Para obtener el valor de las horas de frío, se deben contar las líneas verticales que tengan valores inferiores a los 7°C, las cuales corresponden a las horas (van de 2 en 2). En caso de existir diferencias entre el registro y la gráfica, se debe realizar la corrección pertinente antes de trazar la línea. Cabe señalar que el tiempo en que la temperatura es igual o inferior a 0°C, no se debe considerar como parte de las horas de frío.

A continuación, la Fig. 40 muestra un higrotermógrafo, el cual contiene las temperaturas de 3 días completos (la línea horizontal roja marca los 7°C)

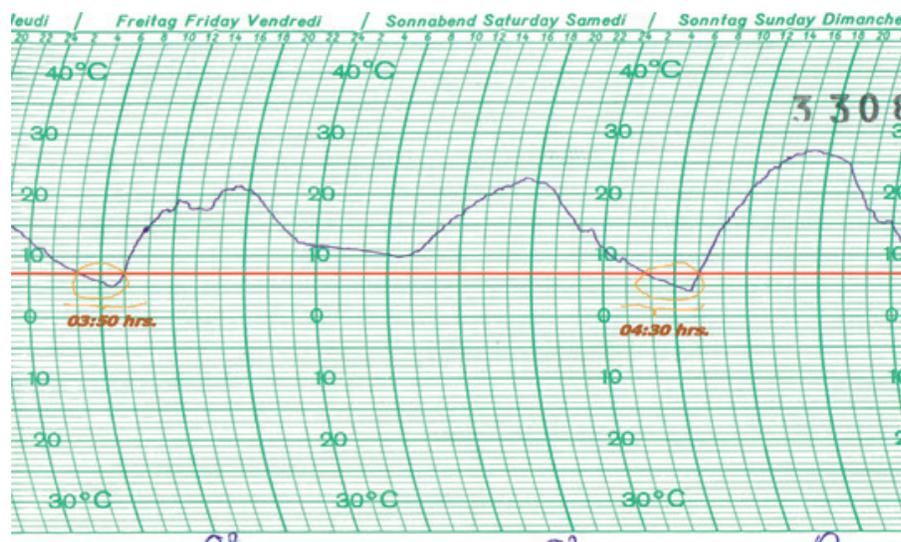


Fig.40. Ejemplo de información de higrotermógrafo. Fuente: DMC

El resultado del ejemplo es el siguiente:

Día 1 (08) = 3.8 horas de frío.

Día 2 (09) = 0.0 horas de frío.

Día 3 (10) = 4.5 horas de frío.

Otra forma de calcular las horas de frío es con las horas del día dentro de un rango determinado de temperatura. Para realizar este cálculo se puede utilizar el higrómetrograma, para lo cual se debe trazar una línea sobre el umbral superior e inferior, y todo el registro que quede entre ambas líneas corresponderá al periodo del día con el rango de temperatura requerido.

La siguiente forma de calcular las horas de frío es con las horas del día sobre o por debajo de una determinada temperatura. Para realizar este cálculo también se utiliza el higrómetrograma. Se debe trazar una línea sobre el umbral y todo el registro que quede por sobre (por debajo) de dicha línea corresponderá al periodo del día por sobre (por debajo) el umbral requerido. Mientras que, con las estaciones automáticas, debido a la mayor densidad de datos obtenidos se puede hacer la suma de las horas en que la temperatura está dentro de un cierto rango de temperaturas.

Los umbrales los determina el usuario, dependiendo de la aplicación, algunos ejemplos de esta son:

- Control de polillas: Se pueden verificar los valores de temperatura respecto a las horas crepusculares.
- Fenología: Para determinar rangos de horas de frío propios de una zona para definir qué cultivos pueden desarrollarse en ella y hacer seguimiento a los requerimientos fenológicos de algunos cultivos que requieren la acumulación de frío/presentan requerimientos de bajas temperaturas para su desarrollo.

Los valores de horas de frío se pueden encontrar en el siguiente enlace (Fig.41):

Link <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2018>

Horas de Frío Anual
Acumulación de horas por debajo de 7 °C

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar el icono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación: ?

Año:

Generar Informe

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos

Horas de Frío Anual
Acumulación de horas por debajo de 7°C
Estación: Dantia Normal, Santiago 8300020
Año: 2010

Horas de Frío Anual
Selección de horas por debajo de 7°C

Mes	Horas de Frío (h)
Ene	0
Feb	0
Mar	0
Abr	0
May	0
Jun	0
Jul	0
Ago	0
Sep	0
Oct	0
Nov	0
Dic	0

Fig.41. Imagen ilustrativa de producto Horas de frío anual, disponible en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.4 HELADAS

Se da cuando la temperatura del aire es igual o inferior a los 0°C.

Dentro de las principales características de este fenómeno, se debe considerar: La primera y última del año, la más intensa, la de mayor duración, el número de días con heladas (ya sea en un mes o en un año), periodo libre de heladas, entre otros.

EJEMPLO: Uso del higrómetro.

Una vez verificado que el registro coincida con la escala de las temperaturas (líneas horizontales), se traza una línea en los 0°C, por lo que todo el registro que quede en la parte inferior de la línea corresponde a la duración de las heladas. Para contar cuantas horas duro la helada, se debe contar las líneas verticales que tengan valores bajo los 0°C (va de 2 en 2).

Se presenta el siguiente ejemplo (Fig.42), con un higrómetro que contiene las temperaturas para 3 días seguidos

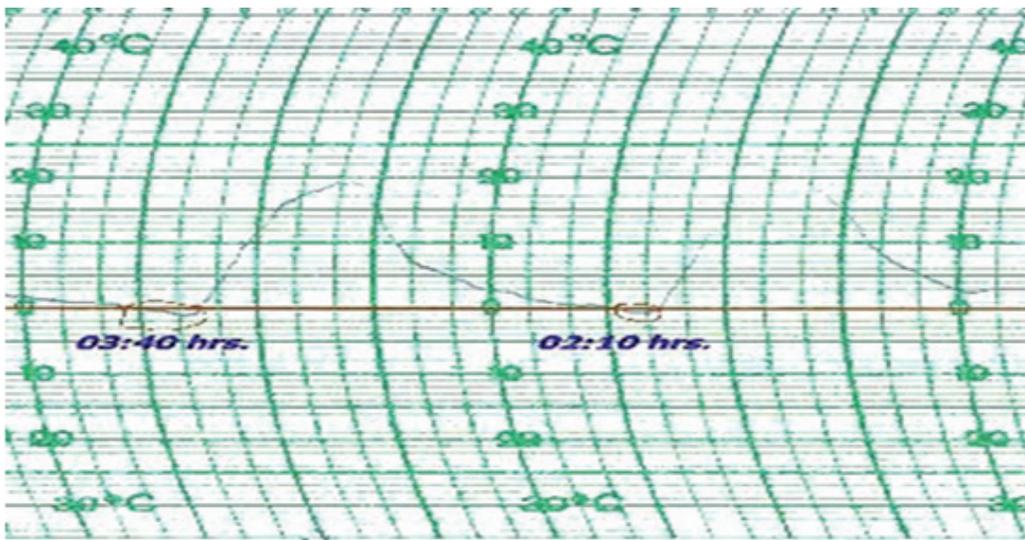


Fig.42. Ejemplo de información de higrómetro. Fuente: DMC

Los resultados son los siguientes:

Primer día (18) = 3.7 hrs.

Segundo día (19) = 2.2 hrs.

Tercer día (20) = sin heladas.

En la página web de meteochile se encuentra un monitoreo de heladas, el cual muestra en un mapa las heladas actuales y se pueden ver las heladas ocurridas en los últimos 90 días de cada estación, así como un resumen anual y el histórico de heladas. Se puede ingresar en el siguiente enlace (Fig.43):



Fig.43. Imagen ilustrativa de producto Horas de frío anual en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.5 PRECIPITACIÓN

La precipitación es un hidrometeoro consistente en la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, llovizna, cinarra, nieve granulada, polvo diamante, granizo y gránulos de hielo (OMM- N° 182), y todo tipo de deposición de agua como rocío, cencellada blanca, escarcha y precipitación de niebla (OMM – N° 100).

Los instrumentos utilizados para medir la precipitación son:

Pluviómetro, pluviómetro de báscula y pluviógrafo.

La forma de registrar los montos de precipitación acumulados en 24 horas en la DMC es desde las 12 UTC de un día a las 12 UTC del día siguiente, correspondiendo este monto acumulado al primer día de precipitación. Ejemplo:

El monto acumulado entre el 4 de octubre a las 12 UTC y el 5 de octubre a las 12 UTC, corresponden climatológicamente al día 4 de octubre.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, si se disponen de datos de estaciones automáticas de otras instituciones, estas en su mayoría, totalizan entre las 00:00 hr local y las 23:59 hr local del mismo día, este es el caso de algunas instituciones públicas como el INIA y la DGA.

Algunos parámetros que se pueden calcular con esta variable son los siguientes:

- **Número de días con cantidades especificadas según un umbral:**

Se pueden determinar valores mínimos y máximos de precipitación, ya sea 1 mm, 10 mm o 50 mm.

- **Total acumulado de precipitación:**

En este caso se realiza una suma de los montos de precipitaciones acumulados durante un periodo de tiempo, ya sea durante todos los días del año, durante todos los días del mes o durante un periodo determinado del año.

- **Máximo en 24 horas:**

Este valor corresponde al total acumulado en 1 día determinado, y se denomina “máximo” al valor correspondiente al más alto dentro del periodo.

- **Registro de granizo y tormentas:**

Debe tenerse en cuenta la duración y en lo posible la intensidad y tamaño del granizo. En cuanto a las tormentas se debe registrar su duración, intensidad, proximidad y dentro de lo posible si existe información de rayos.

Existen diferentes instrumentos que captan la ocurrencia de los rayos como los sistemas terrestres que hacen la medición mediante antenas y los sistemas espaciales, los cuales son sensores que se encuentran dentro de un satélite como por ejemplo el GLM en el GOES.

En cuanto a los granizos, estos por lo general se miden a través de observaciones y registros visuales.

- **Cálculo de déficit y superávit:**

Para poder demostrar si los valores acumulados de precipitación se encuentran por sobre (superávit) o por debajo (déficit) de lo normal en un determinado momento, la manera de hacerlo es a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{total a la fecha} - \text{promedio (normal) a la fecha}}{\text{promedio (normal) a la fecha}} \times 100\%$$

EJEMPLO:

Total a la fecha: 348.5 mm

Promedio (normal) a la fecha: 458.8 mm

$$\frac{(348.5 \text{ mm} - 458.8 \text{ mm})}{(458.8 \text{ mm})} \times 100\% = -24\%$$

Al tener un resultado con signo negativo, quiere decir que existe un déficit de precipitación en cuanto al periodo analizado con respecto al promedio normal para la fecha, obteniéndose un déficit del 24%.

- **Número de días con rocío:**

Este tipo de precipitación, no se considera para ser registrada dentro del formulario, pero en algunos sectores y épocas del año puede presentar alguna influencia en la presencia o gestación de algún tipo de infección en las plantas.

En el siguiente enlace se puede encontrar los datos diarios, mensuales y anuales de la precipitación acumulada para las estaciones y años seleccionados (Fig.44)

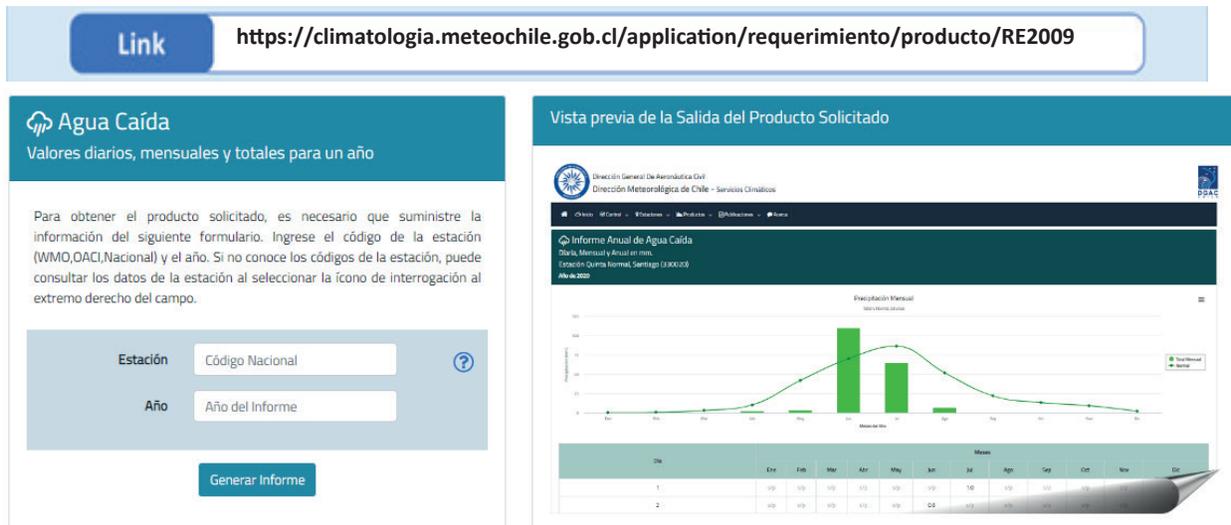


Fig.44. Imagen ilustrativa de producto Agua caída en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.6 VIENTO

Es el movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra. Excepto cuando se advierta de lo contrario, solo se considera su componente horizontal (OMM – N°182)

Los instrumentos utilizados para medir el viento son:

Anemómetro de copelas, anemómetro de compresión, anemómetro de hilo caliente, anemómetro sónico, veleta.

Este elemento debe ser tratado como un conjunto, en cuanto a la dirección y la intensidad, sin embargo, ambos parámetros son diferentes, puesto que la dirección del viento corresponde a una referencia geográfica que indica desde donde viene el viento, en cambio, la intensidad del viento corresponde al valor de la magnitud de la fuerza con que se desplaza.

- **Intensidad y dirección predominante**

Para calcular este parámetro se debe considerar los registros de cada hora de observación, luego, los valores de dirección del viento se deben transformar en rumbos (180° = sur, etc), para después identificar los rumbos que más se repiten durante esa hora y contabilizarlos. Una vez determinado el rumbo, se deben promediar todas las velocidades registradas y que correspondan a ese rumbo dentro de la hora.

- **Viento máximo:**

Se obtiene de los registros de viento, puede ser calculado para un periodo de un día, 1 hora, 1 mes, 1 año, etc. Identificando el valor más alto de la velocidad en el periodo definido. Cabe destacar que siempre se considera la dirección y velocidad, por lo que mediante el valor máximo de velocidad se obtiene la dirección del viento. Ejemplo:

Dirección: 360° , velocidad: 25 m/s.

Cantidad de días con velocidad por sobre un umbral determinado:

En este caso, la dirección del viento no es relevante, sólo se considera la velocidad. Y se calcula sumando los días en donde hubo viento por sobre el valor requerido en un lugar determinado.

Para obtener los datos del viento predominante diario, dirigirse al siguiente enlace (Fig.45):

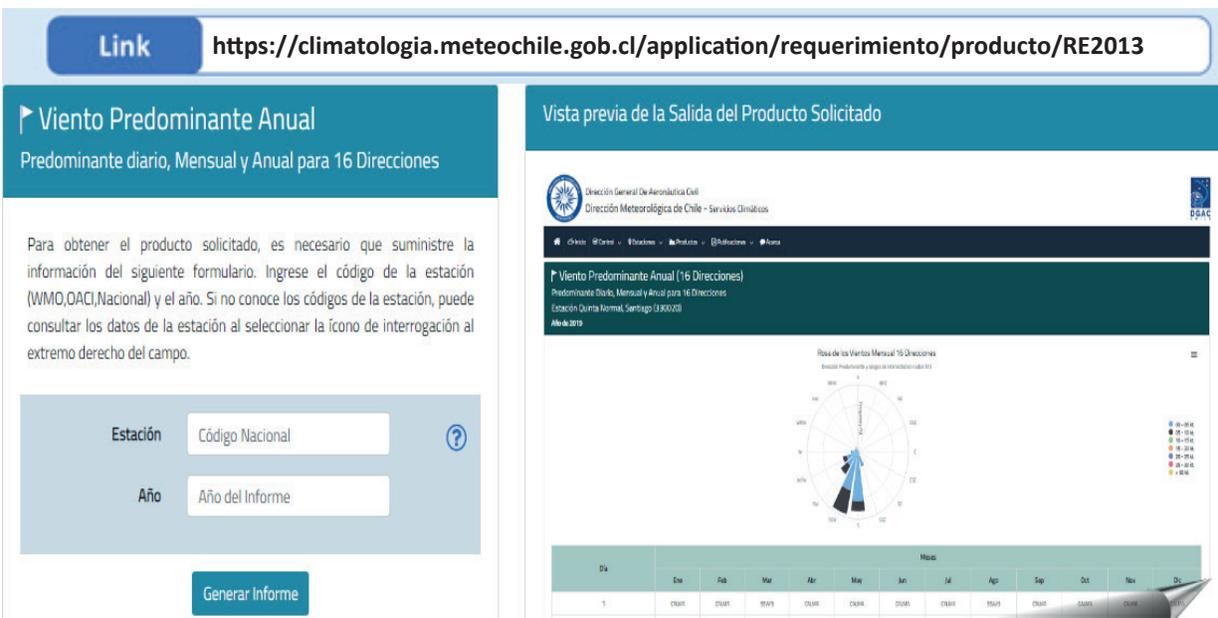


Fig.45. Imagen ilustrativa de producto Viento predominante anual en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.7. HUMEDAD RELATIVA

Es el vapor de agua que existe en una masa de aire, expresado como un porcentaje de la cantidad total que existiría si el aire estuviera saturado a esta temperatura. Se expresa en unidades enteras que van de cero hasta 100% (IDEAM, 2019).

Los instrumentos utilizados para medir la humedad atmosférica son:
 Higrómetro mecánico, higrómetro basado en el uso de componente electrónica, higrómetro espectroscópico, psicrómetro.

- **Número de días con determinados umbrales:**
 Esta información se puede obtener a través del higrótermograma, determinando la duración en que la humedad relativa se encuentra por sobre el valor durante el periodo del día, así como se puede indicar, igualmente, la duración por debajo del valor o entre ciertos valores, como también a qué hora del día se puede encontrar cierto valor de humedad relativa.

- **Valores medios, máximos y mínimos**
 Para calcular la humedad relativa (HR) media diaria se debe considerar la siguiente formula:

$$HR \text{ media diaria} = \frac{HR \ 12 \ UTC + HR \ 12 \ UTC + HR \ 18 \ UTC + HR \ 00 \ UTC}{4}$$

EJEMPLO:
 HR 12 UTC = 90%
 HR 00 UTC = 59%
 HR 18 UTC = 32%

$$HR \text{ media diaria} = \frac{90\% + 90\% + 32\% + 59\%}{4} = 68\%$$

En el caso de los valores máximos (mínimo) de la humedad relativa se debe leer el trazo del diagrama, identificando el valor más alto (más bajo) dentro del rango de tiempo que se está evaluando. Para obtener el valor predominante de humedad relativa, dirigirse al siguiente enlace (Fig.43)

Link <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2004>

Humedad Anual

Valores diarios, mensuales y extremos para un año

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación ?

Año

Generar Informe

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climatológicos

Humedad Relativa del Aire
Media Diaria, Mensual y Anual en %
Estación Quinta Normal, Santiago (1130030)
Datos Normal, Santiago - 2016

Humedad Relativa Libretotal
Santiago

Día	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	56	58	60	71	74	82	79	70	61	55	48	45
2	35	42	56	70	62	77	75	68	55	41	37	37

Fig.46. Imagen ilustrativa de producto Humedad anual en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.8 EVAPORACIÓN

Es el proceso por el que el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. El agua se evapora de una gran variedad de superficies, tales como lagos, ríos, suelos y vegetación mojada (Santana, 2008). La tasa de evaporación se define como la cantidad de agua que se evapora de una unidad de superficie por unidad de tiempo, normalmente de 1 día, y se expresa en mm (OMM, 2010). En la DMC antiguamente se utilizaba un instrumento llamado evaporímetro para hacer una estimación fiable de esta variable, ya que este mide la pérdida de agua en una superficie saturada estándar. Sin embargo, estos instrumentos eran afectados por variables del entorno que no correspondían a variables meteorológicas, por lo que se quitaron de las estaciones.

Este elemento es importante para la medición de la evapotranspiración, al no contar con instrumentos para calcular este parámetro, se utiliza el método Penman-Monteith recomendado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

- **Evapotranspiración**

Combina dos procesos en donde el agua se pierde, el primero es a través de la superficie del suelo por evaporación y el segundo se refiere a la vaporización del agua en las plantas que se va hacia la atmósfera (transpiración de los cultivos).

Conceptos utilizados:

Transpiración de referencia (ET0): tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia (sin restricción de agua), correspondiente a un cultivo hipotético (pasto con características específicas). Es afectado solo por parámetros climáticos.

Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETC): evapotranspiración de cualquier cultivo sin enfermedades, bien fertilizado y desarrollado en una parcela amplia, con óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza su máxima producción de acuerdo con las condiciones climáticas.

Ecuación FAO Penman-Monteith (1990): Se utiliza para obtener la evapotranspiración de referencia (ET0), la cual corresponde a un cultivo hipotético de pasto, con una altura de 0.12 metros, una resistencia superficial de 70 m/s y un albedo de 0.25. Utiliza datos climáticos de radiación solar, temperatura, humedad del aire y viento. Estos datos deben ser medidos a 2 metros de altura, sobre una superficie extensa de pasto verde y sin limitaciones de agua.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)}$$

- ET₀ = evapotranspiración de referencia (mm día-1)
- R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día-1)
- R_a = radiación extraterrestre (mm día⁻¹)
- G = flujo de calor de suelo (MJ m⁻² día-1)
- T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
- u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)
- e₁ = presión de vapor de saturación (kPa)
- e₂ = presión real de vapor (kPa)
- e₁ - e₂ = déficit de presión de vapor (kPa)
- Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)
- γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

Para obtener los valores de evapotranspiración dirigirse al siguiente enlace (Fig.47):



Fig.47. Imagen ilustrativa de producto Anuario Evapotranspiración en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.1.9 HORAS DE SOL

Es la cantidad de horas entre la salida y puesta de sol, considerando, además, la nubosidad del cielo, por lo que no se cuentan las horas en que el cielo está cubierto o nublado.

Se mide a través de: piranómetro, heliógrafo, pirheliómetro, radiómetro ultravioleta.

- **Cantidad total diaria**

Se realiza mediante la suma del registro diario, en donde se queman las bandas registradoras. Se utiliza el concepto de horas y decimas de horas.

- **Promedio**

Se calcula para diferentes periodos del año, con lo cual se pueden obtener los periodos del año con valores de mayor a menos duración de horas de sol en el día. En otras palabras, se puede determinar la duración del día, y con ello relacionar el fotoperiodo al cual están adaptadas ciertas especies vegetales. Para obtener los valores de horas de sol diarias dirigirse al siguiente enlace (Fig.48):

Link <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/requerimiento/producto/RE2010>

☀️ Horas De Sol

Valores diarios, mensuales y totales para un año

Para obtener el producto solicitado, es necesario que suministre la información del siguiente formulario. Ingrese el código de la estación (WMO,OACI,Nacional) y el año. Si no conoce los códigos de la estación, puede consultar los datos de la estación al seleccionar la ícono de interrogación al extremo derecho del campo.

Estación ?

Año

Generar Informe

Vista previa de la Salida del Producto Solicitado

Dirección General de Aeronáutica Civil
Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climatológicos

Chile | Corea | Ecuador | España | Guatemala | Perú

☀️ Total Diario de Horas de Sol

Suma Diaria, Mensual y Anual en Horas
Estación: Durán Norero, Santiago (130020)
Año: 2016

Horas de Sol Anual

Día	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	112	113	120	84	81	81	89	12	89	88	71	
2	126	113	109	86	73	80	84	88	87	81	87	

Fig.48. Imagen ilustrativa de producto Horas de sol en www.climatologia.meteochile.gob.cl

4.2 EJEMPLOS DE APLICACIONES

La meteorología agrícola ofrece soluciones a los daños potenciales que podrían afectar a los cultivos debido al tiempo y al clima, por ende, su rol es tanto estratégico como táctico. Su aplicación exitosa necesita integrar tres componentes: datos, análisis y usuarios, ya que su propósito es servir a las necesidades del usuario. Al haber una correcta comunicación con el usuario y aplicarla, la información agrometeorológica puede ayudar a los agricultores en la calidad de sus productos, en tener menores riesgos, menores costos y menos daños en sus cultivos.

La información agrometeorológica, como ya se mencionó, presenta 2 roles, uno estratégico y otro táctico. La aplicación estratégica hace referencia a la planificación para la temporada o años, donde su aplicación es escoger las variedades de cultivos específicos que se plantarán, evaluar qué áreas deben ser explotadas para productos de forraje y ganado, etc. Por ende, las decisiones se basan en el análisis climático y la información climática. Por otro lado, la aplicación táctica se relaciona con la planificación en un corto periodo de tiempo, pueden ser horas o días, y sus decisiones se basan en el estado del cultivo y el pronóstico del tiempo: si cultivar, cosechar, rociar los cultivos o irrigar.

Primero, para saber que aplicaciones se le puede dar a cada elemento es necesario saber que efectos tienen dichos elementos en los cultivos. Por lo cual, a continuación, se ejemplificarán algunos elementos que afectan directamente a los cultivos:

4.2.1 Radiación solar

La radiación solar es la fuente de energía necesaria para la generación de los procesos biológicos en los cultivos, específicamente la fotosíntesis. Los principales factores asociados a la radiación solar que afectan a los cultivos son:

- Longitud de onda: el cultivo será afectado de distinta manera dependiendo de la longitud de onda que le alcance, como, por ejemplo, cuando el cultivo está expuesto por mucho tiempo a una longitud de onda muy corta este puede sufrir daños, cuando es expuesto a una longitud de onda ubicada entre la radiación ultravioleta y el infrarrojo se producen distintos procesos que ayudan a su crecimiento y desarrollo.
- Cantidad de horas de luz (fotoperiodo): tiene que ver con captación de cuánto tiempo hay de luz. Esta variable presenta una variación estacional (fotoperiodismo), la cual presenta una curva que aumenta en verano y disminuye en invierno, lo que se traduce en que algunas plantas pueden disminuir su fotosíntesis en invierno, al contrario que en verano. Sin embargo, no a todos los cultivos le afecta de la misma forma. Se le puede clasificar según la sensibilidad al fotoperiodo, considerando su entrada a floración y fructificación, y clasificando el día como corto, largo o neutro.

Los procesos biológicos de los cultivos y ganado asociados a la radiación son los siguientes: floración, brotación, crecimiento, senescencia, germinación de las plantas, tuberización (producción de tubérculos), receso, esto (celo) y la diapausa.

4.2.2 Temperatura

La temperatura gobierna los procesos químicos y físicos que toman control en las reacciones biológicas de las plantas. La tasa de crecimiento de las plantas está regida por distintos rangos de temperaturas, dependiendo de cada especie y variedad, sin embargo, se encuentra generalmente entre los 0 y 40°C, al alcanzar el rango inferior o superior los cultivos pueden ser dañados considerablemente o incluso morir.

El aumento de las temperaturas durante el día aumenta la fotosíntesis, la que puede mantenerse activa hasta cierto punto, dependiendo de la temperatura ambiental y la radiación principalmente. Si estas variables comienzan a ser desfavorables para la planta, esta comienza a cerrar sus estomas para reducir la pérdida de agua, como principal medida de corto plazo. Durante el día, si las temperaturas templadas o cálidas (cualquiera de las dos) además van acompañadas de humedad ambiental, se puede favorecer el desarrollo de ciertas enfermedades, las que también presentan requerimientos específicos de estas variables en cada una de las especies de microorganismos.

En cuanto a las temperaturas mínimas, cuando estas son muy bajas interfieren en el metabolismo de las plantas, pudiendo afectar su crecimiento. En caso de que estas temperaturas bajen más allá de los valores óptimos para la especie pueden generar daños y, en casos extremos, matar plantas.

4.2.3 Transpiración y evaporación

El proceso de transpiración permite a la planta regular su temperatura hasta cierto límite. Por lo tanto, mientras la planta transpire normalmente, su temperatura puede ser igual, aunque generalmente inferior, a la del aire.

La planta transpirará bajo 2 condiciones:

- Con disponibilidad de agua en el suelo.
- Si la tasa de demanda de la atmósfera es soportada por la planta.

Si el déficit de presión de vapor de agua es muy alto, la planta cerrará las estomas, pese a tener disponibilidad de agua en el suelo. Por lo tanto, presentará un estrés térmico igual (produciendo un aumento de su temperatura superior a la del aire, siendo intenso si se encuentra expuesta directamente a la radiación solar). Además, medir la evaporación bajo condiciones normales es de vital importancia para la estimación y el manejo de los recursos hídricos en el presente y en el futuro. Sirve para planificar la irrigación.

4.2.4 Recursos hídricos y sequía

Un suministro de agua variable o inadecuado puede causar un impacto negativo en la producción de las plantas. No todas las precipitaciones contribuyen efectivamente al crecimiento de los cultivos, parte de ellas es filtrada, produce escorrentía o es evaporada, solo una pequeña porción puede entrar y almacenarse en la zona donde se encuentran las raíces. En gran parte del mundo la producción de cultivos depende de las precipitaciones. El conocimiento de las fechas probables en que ocurran y la estacionalidad de las precipitaciones puede ser útil para distintas planificaciones agronómicas como preparar semilleros, abonos, siembras, deshierbes, cosechas, trilla y secado. Los resultados para minimizar los riesgos en los cultivos y su óptima utilización de recursos limitados incluyen agua, laboreo, herbicidas e insecticidas.

Numerosos estudios relacionados con identificar patrones de precipitación y sus características pueden ser útiles para planificar operaciones de agricultura como las fechas de siembras, de cosecha o periodos y frecuencias de irrigación

4.3 RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

Una estación meteorológica automática (EMA) se define como una “estación meteorológica en la que se realizan y se transmiten observaciones automáticamente” (OMM, 1992a). La estación automática no reemplaza a las estaciones convencionales, solo cumple un rol complementario en el sistema mundial de observación (OMM, N°8).

Las estaciones meteorológicas automáticas más recientes fueron creadas en la década de 1960 y 1970.

Existen distintos tipos de estaciones automáticas, según la OMM algunas de estas son las siguientes: ordinaria, principal y agrícola. Se caracterizan en la cantidad y tipos de instrumentos meteorológicos. Por ejemplo; la red de estaciones agrícolas permite obtener datos tanto meteorológicos, como fenológicos y biológicos. Según la tabla de la OMM, las observaciones meteorológicas que deben realizar las estaciones mencionadas son las siguientes:

Elemento	EMA ordinaria	EMA principal	EMA agro
T. aire	X	X	X
T. suelo			X
Precipitación	X	X	X
Tiempo presente		X	X
Nubes		X	X
Presión		X	X
Visibilidad		X	X
Viento		X	X
Radiación		X	X
Insolación		X	X
Evaporación			X
Humedad del suelo			X
Escorrentia			X
Agua subterránea			X

Fig.49. Tabla resumen de elementos asociados a estaciones automáticas agrometeorológicas de acuerdo a OMM. Fuente: DMC

La Dirección Meteorológica de Chile cuenta con una red de estaciones con fines agrícolas, las cuales se presentan en la Fig.50 en tonos azules. Además se observan en tonos verdes la red de estaciones agrícolas del INIA y la Federación de Desarrollo Frutícola (FDF), información que también se puede obtener de la página www.meteochile.gob.cl.

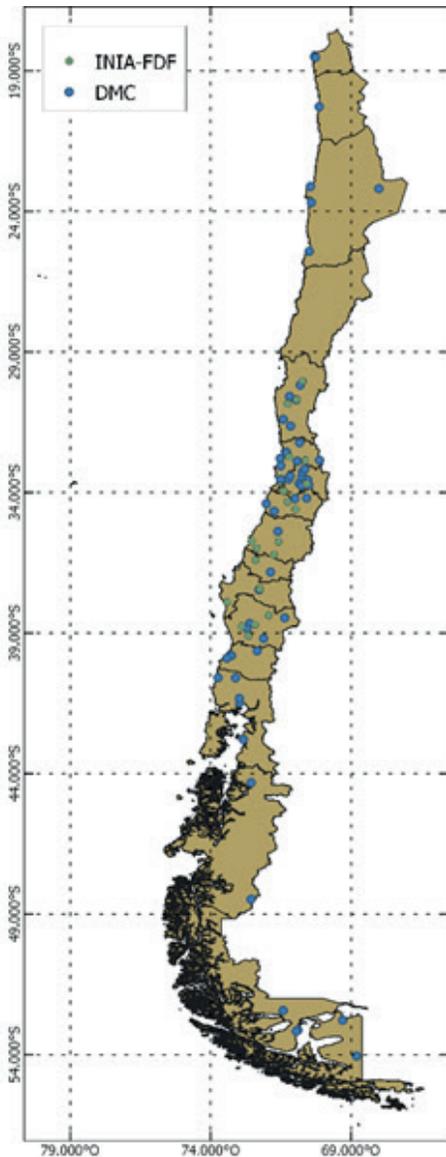


Fig.50. Mapa resumen de estaciones meteorológicas con fines agrícolas. En tonos verdes se representan las estaciones pertenecientes al INIA y FDF. En tonos azules se encuentran las estaciones pertenecientes a la DMC DMC.Fuente: DMC

Un sistema EMA es un sistema meteorológico que se compone por instrumentos (sensores) para medir diferentes parámetros meteorológicos. Los datos medidos son enviados hacia una unidad principal la cual recibe, almacena y procesa los diferentes datos y a su vez envía la información hacia los diferentes usuarios.

Las EMAS se componen de sensores, unidad de procesamiento y periféricos (fuente de energía, tx de datos y soporte). Tienen instrumentos análogos, digitales e inteligentes, y se basan en la recolección de datos, almacenamiento de datos, transmisión de datos y procesamiento de datos.

Por lo tanto, primero se obtienen los datos (colección de datos), luego se hace una conversión, posteriormente, se transmiten y se reciben, para después decodificarse y validarlos y finalmente, esa información le llega al usuario.

Adicionalmente, existen 2 tipos de estaciones meteorológicas automáticas:

Tiempo real: Acá los datos se obtienen en tiempo real, se usa para fines de diagnóstico y monitoreo y para dar aviso sobre eventos meteorológicos extremos, donde los archivos se pueden descargar remotamente.

Fuera de línea: el registro es en el sitio (en la memoria interna), tiene fines climatológicos y de estudios, los archivos se descargan localmente.

En cuanto a las ventajas de las estaciones automáticas se destacan los siguientes puntos:

- Se incrementa el número de observaciones en superficie aumentando la cobertura temporal y espacial.
- Proporciona datos desde lugares de difícil acceso o inhóspitos.
- Una EMA emplazada en una estación convencional proporciona datos fuera de las horas normales de funcionamiento de dicha estación.
- Proporciona datos en tiempo real o cuasi real.
- Aumenta la fiabilidad de las mediciones mediante el uso de sofisticadas tecnologías y técnicas de medición digitales.

Y sus desventajas son:

- Área representativa limitada, usualmente 3 a 5 km alrededor del sitio de la EMA.
- Hay ciertas variables difíciles de automatizar: niebla, polvo, humo, precipitación de cenizas, tornados, tipos de nubes, visibilidad, etc.
- Mantenimiento regular.
- Demanda más tiempo en calibrar y probar en terreno.
- Para un buen desempeño las instituciones deben asegurar que personal calificado y habilitado realice las labores de mantenimiento y calibración.
- Aunque la medición es continua, automática y remota, una EMA requiere de constante supervisión por parte del personal para verificar su correcto funcionamiento.

Instrumentos pertenecientes a una EMA

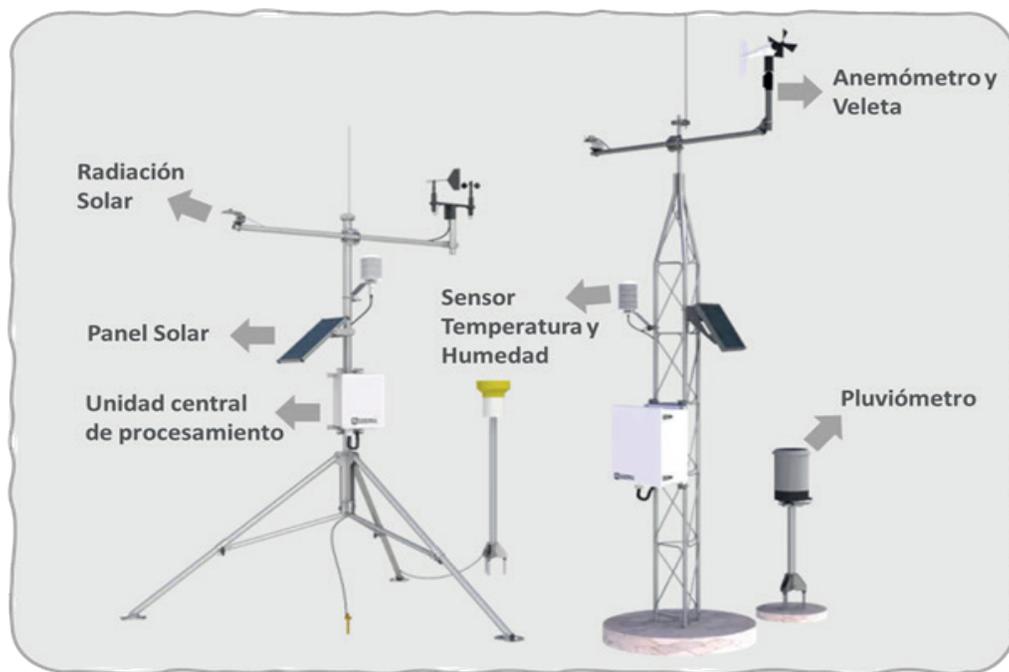


Fig.51. Esquema de instrumentos asociados a estaciones automáticas.
Fuente: DMC

4.4 NORMALES CLIMATOLÓGICAS

A modo de referencia y para comparar con datos actuales, fundamentar conjuntos de datos basados en anomalías y predecir de forma implícita o explícita algunas condiciones meteorológicas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda el tratamiento previo de los datos climáticos, ya que estos tienen que cumplir ciertos estándares internacionales ya establecidos.

Como recomendación, se utilizan periodos de 30 años continuos, los cuales concluyen en un año acabado en 0 como, por ejemplo, el periodo que se utiliza actualmente empieza el 1 de enero de 1991 y termina el 31 de diciembre del 2020. Este conjunto de datos utilizados como referencia se denomina normal climática estándar o normal climática reglamentaria.

Sin embargo, para el uso de las normales climáticas estándar se necesita de un control de calidad previo. Como requisito se necesitan datos completos, no obstante, son pocas las estaciones que cumplen con este requisito, por ende, hay ciertas recomendaciones para el rellenado de datos, para así, contar con una gran cantidad de estaciones y potenciar al máximo la integridad de los datos, manteniendo un nivel de incertidumbre aceptable.

Como ya se mencionó, se establece un periodo estándar para el cálculo de las normales climáticas, el cual se calcula en base a valores mensuales, los cuales pueden ser:

- Parámetro medio: el promedio de los valores diarios que se registran en un mes.
- Parámetro extremo: El valor más alto o bajo que se registra en el mes.
- Parámetro de suma: La suma de los valores diarios que se registran en un mes.
- Parámetro de recuento: La cantidad de días en que los valores están por encima o por debajo de un umbral determinado, o en los que se produce un fenómeno meteorológico.

INTEGRACIÓN DE DATOS:

Recomendaciones en base a un valor único mensual:

- Parámetro medio: las observaciones no deben tener 11 o más días faltantes al mes, así como, los días faltantes no pueden ser 5 o más días consecutivos (cabe destacar que algunos países como reglamentación no aceptan 5 días faltantes por mes y no aceptan más de 3 días consecutivos faltantes).
- Parámetro extremo: se puede calcular con independencia de la cantidad de datos disponibles del mismo.
- Parámetro de suma: solo se puede calcular si se disponen de todos los datos del mes. Destacándose las siguientes excepciones:
 - La posibilidad de rellenar los datos faltantes.
 - Aquellos casos en que los datos faltantes van seguidos de una observación que representa el valor acumulado con las observaciones faltantes.
- Parámetro de recuento: se puede hacer cálculo si se cumplen las recomendaciones de datos faltantes mencionados, sin embargo, hay que proceder con cierta cautela, ya que algunos datos faltantes pueden inclinarse hacia una condición determinada.

Acerca de la cantidad de años sugeridos para el cálculo de una normal, se recomienda disponer de al menos el 80% de los años que integran el periodo del promedio. Lo que equivale a disponer de al menos 24 de 30 años de una normal climatológica estándar. Sin embargo, se desaconseja su cálculo cuando faltan datos de 3 o más años consecutivos.

ESTIMACIÓN DE DATOS PARA SU USO EN EL CÁLCULO DE NORMALES:

- Interpolación espacial: interpolación de datos provenientes de emplazamientos cercanos.
- Interpolación temporal: interpolación de datos anteriores o posteriores al dato faltante.
- Uso de métodos alternativos de observación: uso de observaciones estimadas de un satélite, radar, etc.
- Uso de elementos alternativos: uso de un elemento distinto para estimar el valor faltante, como por ejemplo la nubosidad para estimar la insolación.

PRECISIÓN DE LOS DATOS:

Para la mayoría de los parámetros se utiliza un decimal de precisión. El cálculo de una normal suele presentar 3 pasos:

- Valor mensual a partir de los datos diarios.
- Valor normal de un mes a partir de valores mensuales individuales.
- Normales de periodos de varios meses a partir de valores mensuales.

Se puede conseguir una mayor exactitud al mantener los datos con la máxima precisión en su cálculo, y redondearlo únicamente en el paso final.

Respecto al redondeo, se recomiendan 2 prácticas:

- Redondeo por impares (cuando el valor acaba en 5, se redondea al número impar más cercano).
- Redondeo por pares (cuando el valor acaba en 5, se redondea al número par más cercano).

HOMOGENEIDAD:

Los datos de una normal climática deben ser coherentes y representativos del periodo. Para cumplir este requisito, los datos deben ser homogéneos. Lo que significa que, los cambios en los datos solo deben representar cambios en el clima, no cambios en el modo en que se realizan las observaciones ni en el entorno.

Algunos motivos por los que el conjunto de datos podría ser heterogéneo son los siguientes:

- Traslado del emplazamiento de ubicación de estación meteorológica.
- Cambios de instrumentos meteorológicos.
- Cambios de procedimientos de observación.
- Cambio en el entorno del emplazamiento local de estación meteorológica.

No obstante, no todos los eventuales casos de heterogeneidad ejercerán un efecto significativo en los datos, sin embargo, aquellos que sí lo hagan podrían afectar a algunos elementos específicos.

Para la homogeneidad se pueden aplicar 2 estrategias:

- Uso exclusivo de las estaciones que se sabe cumplen con los criterios de homogeneidad.
- Realizar ajustes en los datos históricos para eliminar la heterogeneidad.

A modo de recomendación:

Antes de homogeneizar una serie de datos se debe revisar si la cantidad de datos faltantes en la serie está dentro de lo permitido. Luego, se deben rellenar los datos faltantes; lo cual puede ser comparando la estación analizada con las estaciones cercanas e interpolando, o utilizando la misma serie de datos y el promedio mensual.

Para homogeneizar la serie se puede hacer utilizando herramientas como el **CLIMATOL**, que es un paquete de R, el cual analiza las series de datos, compara estaciones y evalúa los saltos en el tiempo. Es un paquete interactivo, el cual entrega gráficos y datos para analizar y corroborar que los saltos encontrados sean correctos, permitiendo su modificación. Para hacer el análisis **CLIMATOL** trabaja con un test parámetro llamado Test de homogeneidad normal estándar o SNHT por sus siglas en inglés.

Para más información sobre el paquete estadístico dirigirse a <https://www.climatol.eu> o descargue la guía de uso del paquete https://www.climatol.eu/homog_climatol-es.pdf, donde se describen los procesos a seguir.

Estaciones automáticas:

Respecto a las estaciones automáticas para reemplazarla por estaciones meteorológicas convencionales, no siempre presenta una heterogeneidad significativa en algunos elementos, siempre y cuando se ubique en el mismo lugar. Sin embargo, si se instala en un lugar diferente, sí podría presentar una heterogeneidad significativa.

Otros problemas que pueden conllevar las instalaciones de estaciones automáticas:

- Las estaciones convencionales solo realizan una cantidad limitada de observaciones por día, mientras que las estaciones automáticas registran datos continuamente. Por lo anterior, se recomienda mantener los métodos utilizados con anterioridad para los cálculos de los diferentes parámetros, con el fin de mantener coherencia.
- En algunos casos la introducción de las estaciones automáticas puede suponer un cambio en el día climatológico.
- En caso de faltar datos en estaciones automáticas, por ejemplo, de precipitación, el dato se pierde, sin embargo, en estaciones convencionales la observación del día siguiente presentará una observación acumulada con los datos faltantes.
- En algunos casos, la diferencias entre ambos sistemas, convencionales y automáticos, puede ser muy grande por lo que se hace difícil la comparación, incluso después de hacer un ajuste.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Agencia Estatal de Meteorología. MeteoGlosario visual. Diccionario ilustrado de meteorología. <https://meteoglosario.aemet.es/>.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0).

Ascaso L. Alfonso y Casals M. Manuel. (1986). Vocabulario de términos meteorológicos y ciencias afines. Ministerio de Transportes Turismo y Comunicaciones – Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, España.

CNR. (2018). Manual de adaptación al cambio climático en la pequeña agricultura - zona norte. www.chileagricola.cl.

Córdova, M., Carrillo-Rojas, G., Crespo, P., Wilcox, B., & Célleri, R. (2015). Evaluation of the Penman-Monteith (FAO 56 PM) method for calculating reference evapotranspiration using limited data. *Mountain Research and Development*, 35(3), 230-239.

Cruz Torrico, L. A., & Choque Choque, J. F. Desarrollo de una estación meteorológica automática. Curihuinca Becerra José. (1991). Principios generales de las barreras cortavientos. Dirección Meteorológica de Chile, Boletín Agrometeorológico Mensual VI y VII región, septiembre.

Curihuinca Becerra José. (1993). Manual de observaciones fenológicas. Dirección Meteorológica de Chile. Damario, E. A., Pascale, A. J., & Bustos, C. (1998). Método simplificado para la estimación agroclimática de “horas de frío” anuales. *Rev. Facultad de Agronomía*, 18(1-2), 93-97.

Dirección Meteorológica de Chile. (1989). Alcances prácticos de la agrometeorología. Boletín Agrometeorológico Mensual VI región, julio, Chile.

Dirección Meteorológica de Chile. (1993). Agroclimatología. Boletín Agrometeorológico Mensual VI y VII región, junio, Chile.

Dirección Meteorológica de Chile. (1996). Depto. de Pronósticos. Procedimientos del Centro Nacional de Análisis.

Dirección Meteorológica de Chile. (2019). Manual del GOES. Oficina de Aplicaciones Satelitales. Santiago.

FAO. 2021. Global outlook on climate services in agriculture – Investment opportunities to reach the last mile. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb6941>

Flores Alarcón Gilberto. (1997). Dirección Meteorológica de Chile. Manual para observadores agrometeorológicos.

García Acevedo, T. (2013). Determinación de horas de frío y su uso en frutales en la comarca lagunera. Tesis ingeniero agrónomo en irrigación. Universidad Autónoma Agraria. Torreón, México.

Hernández Jorquera Roberto. (1993). Radiación solar y duración del día. Boletín Agrometeorológico Mensual VI- VII región, enero. Chile.

Hernández Jorquera Roberto. (2004). Métodos de observación e instrumentos meteorológicos. Dirección Meteorológica de Chile.

Hernández Jorquera Roberto. (2004). Procesamiento de la información meteorológica aplicada a la agricultura. Dirección Meteorológica de Chile.

IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2019). Glosario meteorológico. Bogotá.

Lozada García, B., Prela, A., & Sentelhas, P. (2004). Influencia del fenómeno ENOS (El Niño y La Niña) en la disponibilidad de grados-día. *Agronomía Tropical*, 54(3), 309-320.

Mavi, H. S., & Tupper, G. J. (2004). *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture*. CRC Press.

Meruane, C., & Garreaud, R. (2005). Instrumentos meteorológicos y humedad atmosférica- Módulo 1. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento de Geofísica, 19, 1-19.

Nightingale, G. T., & Blake, M. A. (1934). Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple trees.

Organización Meteorológica Mundial. (1966). Vocabulario meteorológico internacional. OMM-N° 182. Segunda edición. Suiza.

Organización Meteorológica Mundial. (1982). Guía de prácticas agrometeorológicas. Primera edición OMM-N° 134. Suiza.

Organización Meteorológica Mundial. (1983). Guía de prácticas climatológicas. OMM-N° 100. Segunda edición. Suiza.

Organización Meteorológica Mundial. (1984). La meteorología ayuda a producir alimentos. OMM-N° 624. Suiza.

Organización Meteorológica Mundial. (1990). Glosario de términos usados en la agricultura. WMO / TD N° 391. Suiza.

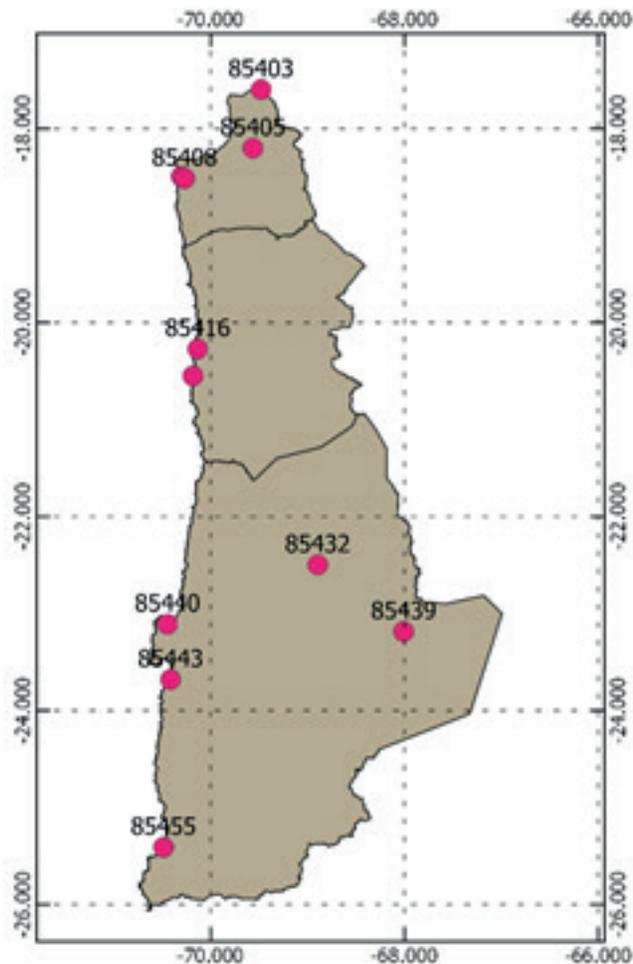
Organización Meteorológica Mundial. (1992). Producción de la atmósfera, los océanos y los recursos hídricos: Aprovechamiento racional de los recursos naturales. Suiza.

- Organización Meteorológica Mundial. (1992). Vocabulario meteorológico internacional. OMM-N° 182. Segunda edición. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. (2003). Guideline on Climate Metadata and Homogenization. WMO/TD-N° 1186. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. (2010). Guía práctica agrometeorológica (OMM-N°134)
- Organización Meteorológica Mundial. (2010). Manual del sistema mundial de observación. OMM-N° 544. Volumen I. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. OMM-N° 1203. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos. OMM-N° 8. Segunda edición. Ginebra.
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). Guía de prácticas climatológicas. OMM-N° 100. Ginebra.
- Ortiz, S. C. A. (1987). Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. Libro 3a. edición. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. 83-84 pp.
- Pereira, A. R., L. R., Angelocci e P. C. Sentelhas. (2002). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Ed. Agropecuária. p. 478.
- Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, Organización Meteorológica de Chile. (1987). Aplicaciones agrometeorológicas para el desarrollo agrícola. Proyecto CHI/87/004/A/01/16. Chile.
- Pszczółkowski T. Philippo. (2005). Interpretación del índice bioclimático de Fregoni en el paradigma actual de madurez. Aconex. Julio – septiembre 2004, N° 84, páginas 27 – 36.
- Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. (2012). Vol. 65.
- Santana Pérez, L. M. (2008). Evapotranspiración Penman-Monteith. Agro Cabildo. Tenerife.
- Silveira Da Motta Fernando. (1987). Meteorología agrícola. Biblioteca Rural, 7° edición, Brasil.
- Stefanski, R., Rusakova, T., Shostak, Z., Zoidze, E., Orlandini, S., & Holden, N. (2007). Applications of meteorology to agriculture. Guide to Agrometeorological Practices. (Ed. Stigter K.). 3rd Edition (WMO-N° 134) World Meteorological Organisation (Switzerland).
- World Meteorological Organization. (1992). OMM/BMO- N° 182. "Vocabulario meteorológico internacional".
- World Meteorological Organization. (2003). Climate: Into the 21st Century (2003.a ed.). Cambridge University Press.

ANEXO 1

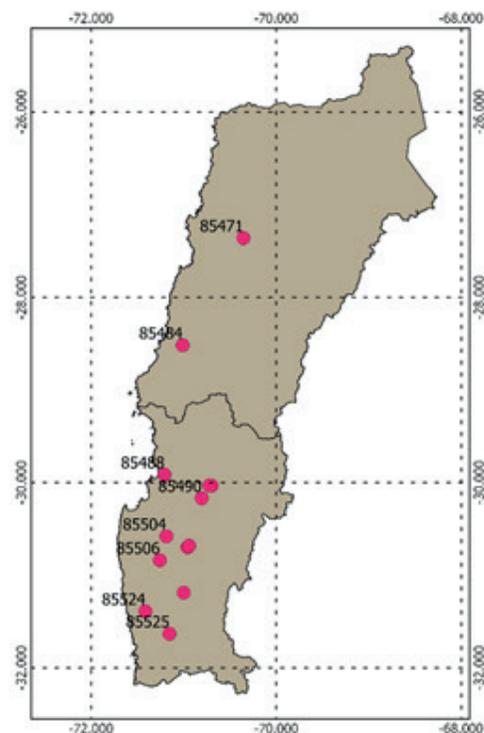
RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DMC - INIA- FDF

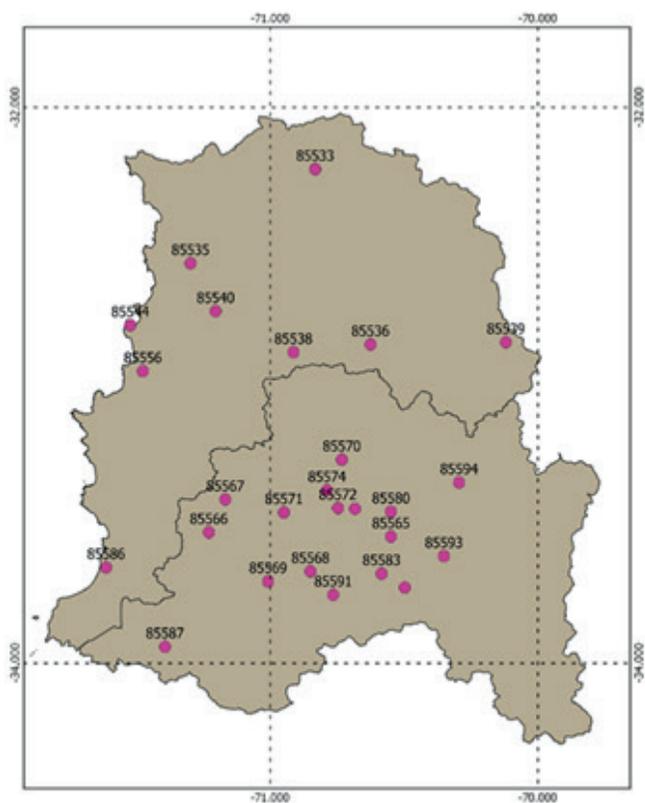
CÓDIGOS ESTACIONES PARA BÚSQUEDA EN <https://climatologia.meteochile.gob.cl/>



CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85403	Visviri Tenencia
85405	Putre
85407	Defensa Civil, Arica
85408	Cerro Sombrero, Arica
85418	Diego Aracena Iquique Ap
85416	UNAP
85432	El Loa, Calama Ad
85443	Universidad Católica del Norte
85439	Toconao
85440	Mejillones
85455	Taltal

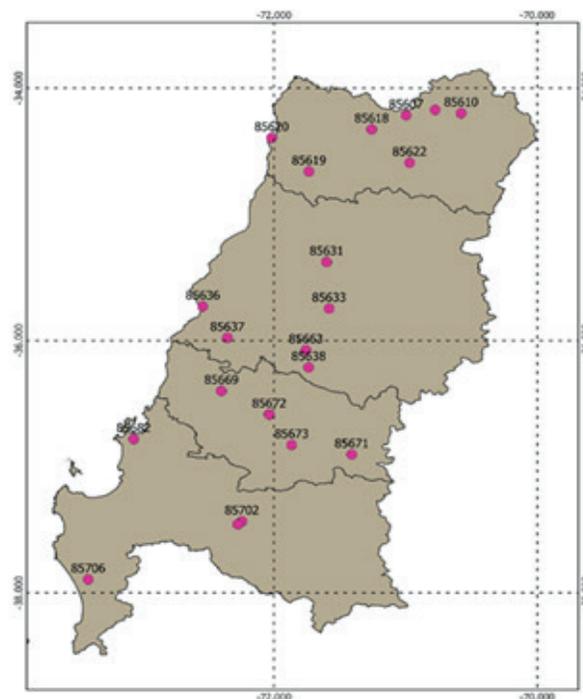
CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85471	Copiapó Universidad de Atacama
85484	Freirina Nicolasa
85503	Vicuña (INIA)
85488	La Serena Ad
85505	Monte patria (FDF)
85506	Punitaqui (FDF)
85504	Ovalle Escuela Agrícola (DMC)
85490	El Tololo (DMC)
85502	Vicuña (D)
85510	Monte Patria (DMC)
85524	Canela Baja (DMC)
85523	Liceo Samuel Román Rojas (DMC)
85525	Vivero Conaf (DMC)

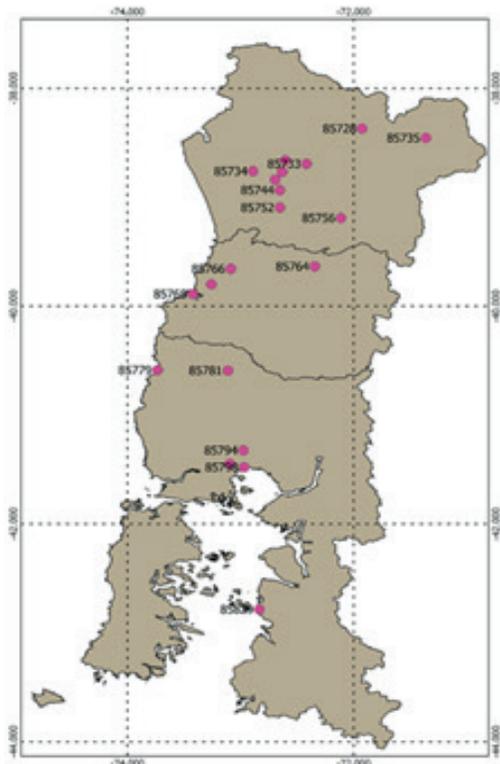




CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85618	La Rosa (FDF)
85622	San Fernando Liceo Agrícola (FDF)
85608	Rancagua (DMC)
85607	Quimavida (DMC)
85619	Nilahue- La Quebrada (DMC)
85610	Portezuelo- Codelco (DMC)
85620	Pichilemu (DMC)
85633	Yerbas buenas Liceo Agrícola (FDF)
85636	Chanco (FDF)
85637	Cauquenes- Santa Sofia (FDF)
85638	Parral (FDF)
85631	Panguilemo
85663	Retiro Copihue
85629	General Freire, Curicó Ad.
85663	Retiro Copihue
85669	Ninhue (FDF)
85672	Chillán Ad.
85671	Termas de Chillán
85673	Chillán Mayulermo
85702	Los Ángeles- Human I.N.I.A
85706	Cañete (FDF)
85682	Carriel Sur
85704	El Huerto Liceo Agrícola

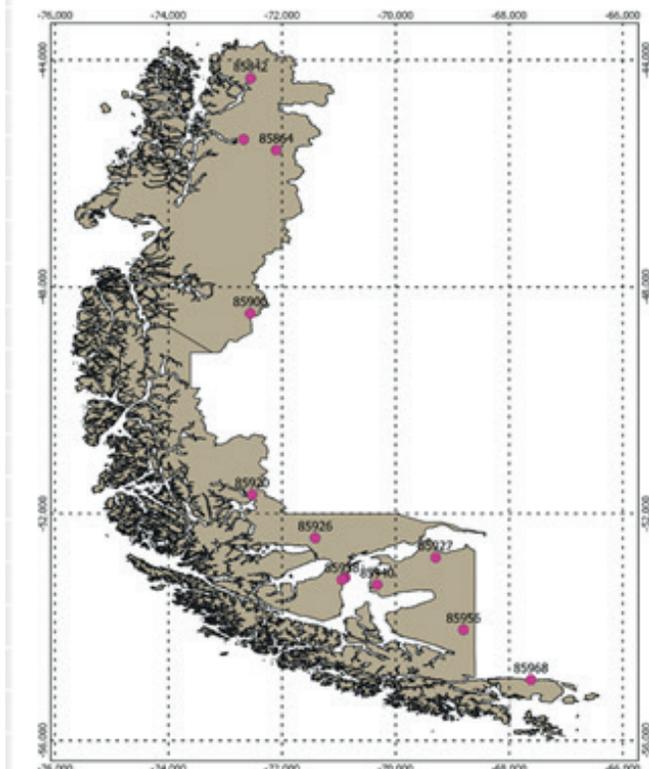
CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85536	Calle Larga (FDF)
85540	Nogales Liceo agrícola (FDF)
85556	Torquemada (DMC)
85538	Llay Llay, Las Penas (DMC)
85533	Chincolco Liceo Agrícola (DMC)
85539	Los Libertadores (DMC)
85544	Quintero (DMC)
85535	Zapallar Catapilco (DMC)
85586	Santo Domingo (DMC)
85583	Pirque (FD)
85587	Longovilo (FDF)
85580	Eulogio Sánchez (DMC)
85577	Quinta Normal (DMC)
85574	Pudahuel (DMC)
85568	Talagante (DMC)
85595	Rio Clarillo (DMC)
85566	Chorombo Hacienda (DMC)
85594	El Colorado (DMC)
85571	Lo Prado Cerro (DMC)
85593	San José Guayacán (DMC)
85569	El Paico
85572	San Pablo
85570	Lo Pinto
85567	Curacaví Ad. (DMC)
85565	Aguas Andinas (DMC)
85591	El Milagro (DMC)





CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85733	Carillanca I.N.I.A
85728	Curacautin (FDF)
85734	Nueva Imperail- Sta. Adela (FDF)
85752	Gorbea- San José (FDF)
85743	Maquehue , Temuco Ad.
85735	Lonquimay
85744	La Araucanía Ad.
85739	Rucamanque- UFRO
85745	Maquehue- UFRO
85756	Villarrica
85766	Pichoy, Valdivia Ad.
85770	Isla Teja
85764	Panguipulli
85768	Corral ESSAL
85781	Juan Kalt Bode
85779	San Juan de la Costa
85799	El Tepual Puerto Montt Ap.
85798	Escuela Mirasol, Puerto Montt
85794	Puerto Varas ESSAL
85829	Nueva Chaiten

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN
85842	Cisnes Puyuhuapi
85862	Puerto Aysén Ad
85864	Teniente Vidal, Coyhaique Ad.
85900	Villa O'Higgins subcomisaria
85920	Teniente Gallardo
85928	Instituto de la Patagonía
85933	Punta Arenas
85926	Magallanes Villa Tehuelche
85927	Cerro Sombrero
85940	Fuentes Martínez
85938	Escuela Alberto Hurtado
85956	Pampa Guanaco
89968	Guardiamarina Zañartu
89056	C.M.A Eduardo Frei Montalva



ANEXO 2

GLOSARIO DE TÉRMINOS METEOROLÓGICOS

ACTIVIDAD CONVECTIVA (ver Procesos de Convección)

Término general para las manifestaciones de convección en la atmósfera, aludiendo particularmente al desarrollo de nubes convectivas y sus correspondientes fenómenos atmosféricos, tales como chubascos, tormentas, granizadas, etc.

ADVECCIÓN

Transporte de las propiedades de una masa de aire producido por el campo de velocidades de la atmósfera. Por lo general este término es referido al transporte horizontal en superficie, de propiedades como temperatura, presión y humedad.

AGROCLIMATOLOGÍA

Estudio -en su sentido más amplio- de los efectos del clima, incluyendo su variabilidad y sus cambios, sobre la agricultura.

AGROMETEOROLOGÍA (ver Meteorología Agrícola)

Rama de la meteorología dedicada al estudio de los elementos meteorológicos y climáticos, y su influencia operativa o de planificación en las diversas actividades silvoagropecuarias. Estudio de la interacción entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, incluyendo la horticultura, la ganadería y la silvicultura.

AGUANIEVE

Tipo de precipitación en la que el agua presenta dos estados, consistente en una mezcla de agua congelada y agua líquida.

AIRE

Mezcla de diversos gases, en ausencia de polvo y de vapor de agua, cuya proporción se mantiene constante hasta una altura aproximada de 20 Km. Los principales componentes son el Nitrógeno y el Oxígeno con una proporción del 78 y el 21 % respectivamente, en el 1% restante se incluyen gases como: Ozono, Vapor de Agua, Anhídrido Carbónico (CO₂) y algunos gases nobles (Argón, Radón, etc.).

AIRE CONTAMINADO

Aire que contiene partículas suspendidas de polvo, humo, microorganismos, sales o gases distintos a su composición ordinaria o en concentraciones anormalmente elevadas.

AIRE HÚMEDO

Se denomina al aire que contiene una humedad relativa superior al 80%. Término muy utilizado en meteorología dinámica y operativa.

AIRE SATURADO

Es el aire que contiene la cantidad máxima de vapor de agua posible para una temperatura y presión dadas, (100% de humedad).

ALTA PRESIÓN

Distribución del campo de presión atmosférica en donde el centro presenta una presión mayor que la que existe a su alrededor y a la misma altura; también denominada como Anticiclón. En un mapa sinóptico se observa como un sistema de isobaras cerradas, de forma aproximadamente circular u oval, con circulación en sentido contrario al de los punteros del reloj en el Hemisferio Sur. Este fenómeno provoca subsidencia en la zona donde se posa, por lo que favorece el tiempo estable.

ALTA TÉRMICA

Alta presión que resulta del enfriamiento del aire por una superficie fría subyacente y que permanece estacionaria sobre esa superficie fría.

ALTITUD

Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre o la atmósfera y el nivel medio del mar.

ALTURA

Es la distancia vertical entre dos puntos situados en diferentes posiciones.

ANÁLISIS SINÓPTICO

Estudio y deducción del estado actual de la atmósfera, utilizando para ello la información meteorológica generada en una determinada región y aplicando conceptos de Masas de Aire, Frentes, Ciclones, etc.

ANEMÓMETRO

Es el instrumento diseñado para determinar la rapidez o intensidad del viento en superficie.

ANOMALÍA CLIMÁTICA

Desviación del valor de un elemento climático respecto del valor normal.

ANTICICLÓN (ver Alta Presión)

Región de la atmósfera en donde la presión es más elevada que la de sus alrededores para el mismo nivel. Sobre un mapa sinóptico se observa a cada nivel un sistema de isobaras que encierra los valores relativamente elevados de presión a ese nivel. Se llama también Alta Presión o, simplemente, Alta.

ANTICICLÓN CÁLIDO

Anticiclón que está cálido en relación a sus alrededores o a los mismos niveles.

ANTICICLÓN FRÍO

Anticiclón que está frío con respecto a sus alrededores a los mismos niveles.

ANTICLÓN SEMIPERMANENTE

Región en donde predominan las altas presiones durante, aproximadamente, la mitad del tiempo en un año dado y en donde aparece un anticiclón en el mapa de presiones medias estacionales.

AMPLITUD TÉRMICA

Diferencia entre el valor máximo y el mínimo de una serie de datos. Diferencia entre la temperatura máxima y mínima o entre las temperaturas medias más altas y más bajas en un intervalo cronológico dado.

ARCOIRIS

Es un Fotometeoro compuesto por siete colores que se produce por la refracción y reflexión de los rayos solares en las gotas de agua suspendidas en la atmósfera. Aparece sobre el horizonte como un arco luminoso del lado opuesto al sol. Con frecuencia se forma un arcoiris secundario con los colores invertidos y con menor luminosidad.

ARIDEZ

Característica de un clima referente a la insuficiencia de la precipitación para mantener la vegetación.

ATMÓSFERA TIPO O ESTANDAR

Es un estado hipotético de la atmósfera que corresponde aproximadamente a su estado medio, en la cual los parámetros de presión y temperatura están definidos para todas las alturas. Sus características principales son:

Presión al nivel medio del mar	:	1013.25 HP.
Gradiente de temperatura	:	- 6.5 °C/Km.

Los cuales se mantienen constantes hasta una altura de 11 Km. Fue adoptada por la Organización de Aviación Civil (OACI) para calibrar altímetros.

BAJA PRESIÓN

Es un sistema de isobaras cerradas concéntricas en el cuál la presión mínima se localiza en el centro. En el Hemisferio Sur la circulación es en el mismo sentido que el de los punteros del reloj. Este fenómeno provoca convergencia y convección, por lo que se asocia a la presencia de gran nubosidad y chubascos.

BARÓMETRO

Es el instrumento utilizado para medir la Presión Atmosférica.

BIOCLIMATOLOGÍA

Estudio de las influencias que ejerce el clima sobre los seres vivos.

BIOMETEOROLGÍA

Estudio de las influencias que ejercen los elementos meteorológicos sobre los seres vivos.

BRISA DE MAR

Viento local persistente que fluye en el día, en las proximidades de las costas, desde el mar hacia tierra, con velocidades máximas de 20 Km./h. La causa básica de este flujo de viento es la diferencia del calentamiento entre la superficie del mar y de la tierra, por efecto de la radiación solar.

BRISA DE MONTAÑA

Ver Viento Catabático.

BRISA DE TIERRA

Viento débil que fluye durante la noche desde la tierra hacia el mar; se presenta en las zonas costeras como resultado del enfriamiento nocturno por radiación terrestre, que actúa más rápidamente sobre el suelo que sobre el mar.

BRISA DE VALLE

Ver Viento Anabático.

BRUMA

Ver Calima

CALMA

Es la ausencia de todo movimiento perceptible del aire.

CALIMA

Suspensión en la atmósfera de partículas de polvo muy pequeñas, lo suficientemente numerosas para dar al aire un aspecto opaco u opalescente. Contribuyen a la coloración del crepúsculo.

CICLOS CLIMÁTICOS

Ritmos periódicos en una larga serie de observaciones de elementos climáticos. CICLO

CICLO HIDROLÓGICO

La sucesión periódica de etapas por las que pasa el agua, tanto en la superficie terrestre como en la atmósfera. Empieza con la evaporación de los cuerpos de agua, le siguen la condensación, proceso por el cual se forman las nubes, la precipitación y por último la acumulación en la tierra o en cuerpos de agua.

CICLÓN

Ver Baja Presión

CICLÓN EXTRATROPICAL

Es un ciclón que se forma a latitudes mayores a 30°; se compone de dos a más masas de aire, por lo tanto, se asocia a uno o más frentes.

CICLÓN TROPICAL

Es un ciclón que no presenta frentes; se desarrolla sobre aguas tropicales y tiene una circulación, en superficie, organizada y definida en el sentido contrario DE las manecillas del reloj para el Hemisferio Sur. Los ciclones se clasifican según la intensidad de sus vientos en:

- **Perturbación Tropical.**- vientos en superficie ligeros
- **Depresión Tropical.**- vientos máximos en superficie de 61 Km./hr
- **Tormenta Tropical.**- vientos máximos dentro del rango de 62 a 87 Km./hr
- **Huracán.**- vientos máximos en superficie, mayores a 116 Km./hr.

CIRCULACIÓN ANTICICLÓNICA

Circulación atmosférica sistemática asociada a un sistema de alta presión. En el Hemisferio Norte su sentido de rotación es igual a los punteros del reloj y en sentido contrario en el caso del Hemisferio Sur.

CIRCULACIÓN CICLÓNICA

Circulación atmosférica asociada con un sistema de baja presión. El movimiento del viento en el Hemisferio Norte es en el sentido contrario a los punteros del reloj y a favor en el caso del Hemisferio Sur.

CIRCULACIÓN GENERAL

Conjunto de configuración de las corrientes de la atmósfera sobre todo el globo terrestre. Con frecuencia el término se aplica a la configuración de la corriente media en un intervalo de tiempo dado.

CLASIFICACIÓN DE LOS CLIMAS DE Koepen

Clasificación climática basada en las medias anuales y mensuales de la temperatura y la precipitación; tiene también en cuenta los límites de la vegetación.

CLIMA

Síntesis de las condiciones meteorológicas en un determinado lugar, caracterizado por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en dicho lugar. Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad, considerando un largo período de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los siguientes factores climáticos:

- Latitud
- Longitud
- Altitud
- Orografía
- Continentalidad.

CLIMATOLOGÍA

Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes. Descripción cuantitativa del clima por medio de mapas, cuadros, diagramas, etc, que presentan valores característicos de los elementos climáticos de un lugar o región.

CLIMATOLOGÍA APLICADA

Parte de la climatología (y de la meteorología aplicada) relativa al uso del conocimiento del clima, en beneficio de las actividades humanas. Sus especialidades son: agroclimatología, climatología aeronáutica, bioclimatología, climatología urbana, etc.

CLIMATOLOGÍA AGRÍCOLA

Trata de los efectos del clima (incluyendo su variabilidad y cambios) en la agricultura. Incluye el largo del crecimiento, la relación entre la tasa de crecimiento y de los rendimientos con el clima y por lo tanto, los climas óptimos o limitados para algún cultivo dado, el valor del riego y el efecto de las condiciones climáticas y del tiempo en el desarrollo y dispersión de las enfermedades y plagas de los cultivos.

CLIMATOGRAFÍA

Descripción numérica por medio de mapas, tablas, diagramas o textos de los componentes del clima de una región.

CONDENSACIÓN

Cambio de fase del agua de vapor a líquido por absorción de calor; naturalmente se puede observar cuando el aire entra en contacto con una superficie más fría.

CONSTANTE TÉRMICA

Toda planta y todo órgano vegetal, para llegar a cierto grado de desarrollo, por ejemplo brotación, floración, madurez, etc., necesitan cierta cantidad de calor que, en igualdad de las demás condiciones, constituyen la llamada Constante Térmica. Esta constante se expresa en grados de calor y puede obtenerse de diversas maneras. La más sencilla consiste en multiplicar la temperatura media anual de la localidad en que vegeta la planta por el número de días de vegetación de la misma hasta alcanzar su grado de desenvolvimiento. Naturalmente, cuando se trata de plantas anuales con un período de vegetación que puede reducirse a sólo unos meses, no puede tomarse en cuenta la temperatura media anual, sino la de los días o meses durante los cuales vive la planta. Por ejemplo: las diversas variedades de maíz tienen constantes térmicas que oscilan entre 1700 y 3000 grados acumulados. Asumiendo que en la zona y durante la época de cultivo la temperatura media es de 21 °C, aquellas constantes térmicas darán una idea de la duración total del período vegetativo, hasta la maduración del grano, comprendida entre 80 y 143 días.

CONTAMINANTES

Son los gases o partículas suspendidas en la atmósfera, que no forman parte de la composición normal del aire.

CONVECCIÓN

Movimiento ascendente del aire. Ver Procesos de Convección.

CONVERGENCIA

Zona donde chocan las líneas de flujo del viento, generándose movimientos convectivos (ascenso del aire) para compensar la acumulación de aire en una pequeña zona.

CORONA

Fotometeoro que aparece como uno o más anillos coloreados, de radio relativamente pequeño que aparecen alrededor del sol o la luna y que se produce por la difracción de la luz en las gotas de agua. Este fenómeno se asocia a la presencia de nubes de tipo altoestratos.

CORRIENTE EN CHORRO

Mal llamada "Corriente de Chorro", es una corriente rápida de vientos del Oeste en altura; da la vuelta al planeta en ambos hemisferios. Tiene una velocidad mínima de 120 Km./h; posee una forma tubular, achatada y es casi horizontal. Se presenta en la atmósfera superior, con una longitud de varios miles de kilómetros, algunos cientos de anchura y un espesor del orden de 3 Km

CUENCA

Es un área delimitada por partes altas, dando lugar a que sea receptor de aguas lluvia, escurrimientos y caudales de ríos.

CREPÚSCULO

Resplandor, de intensidad creciente, antes de la salida del Sol y, decreciente, después de su puesta, que proviene de la iluminación de las capas superiores de la atmósfera por el astro oculto, pero próximo al horizonte. Período intermedio de escasa luminosidad del cielo antes de la salida y después de la puesta del sol; se definen tres tipos de Crepúsculo: astronómico, civil y náutico.

DATOS CLIMÁTICOS

Todo tipo de datos -de instrumentos, otros indirectos como los anillos de crecimiento de los árboles, históricos, etc- que constituyen la fuente principal del estudio del clima.

DÉCADA

Período de diez días consecutivos, utilizados para el estudio de uno o varios elementos meteorológicos. También, período de diez años; en este sentido, lo mismo que decenio.

DECENIO

Período de diez años consecutivos. Se le llama también década en su segunda acepción.

DENDROCLIMATOLOGÍA

Estudio de las fluctuaciones del clima utilizando los anillos del crecimiento anual de ciertos árboles.

DEPRESIÓN TROPICAL

Ver Ciclón Tropical.

DIRECCIÓN DEL VIENTO

Es la dirección desde la cual sopla el viento, puede ser expresada en grados a partir del norte geográfico.

Fig. A1

DIRECCIÓN	GRADOS
NORTE	350-010
NOR NORESTE	020-030
NORESTE	040-050
ESTE NORESTE	060-070
ESTE	080-100
ESTE SURESTE	110-120
SURESTE	130-140
SUR SURESTE	150-160
SUR	170-190
SUR SUROESTE	200-210
SUROESTE	220-230
OESTE SUROESTE	240-250
OESTE	260-280
OESTE NOROESTE	290-300
NOROESTE	310-320
NOR NOROESTE	330-340

Fig.A1 Tabla resumen de dirección de viento. Fuente: DMC

DESERTIFICACIÓN, DESERTIZACIÓN

Resultado de la falta permanente de agua en una región debida a una disminución de la lluvia, una falta de irrigación o posiblemente la deforestación o la sobreexplotación agrícola. Degradación del suelo o del ecosistema, debido principalmente a la acción antrópica o de elementos meteorológicos.

DÍA GRADO DE CRECIMIENTO (ver Grados Día)

Suma, durante el período de crecimiento de un cultivo, de las diferencias entre las temperaturas diarias y una temperatura de referencia.

DIVERGENCIA

Movimiento del viento que resulta en una expulsión horizontal de aire desde una región específica. Las divergencias de aire en niveles bajos de la atmósfera están asociadas con movimientos del aire descendentes conocidos como subsidencia. Es lo contrario de la convergencia.

DORMANCIA (RECESO, REPOSO, VERNALIZACION)

“Descanso” denominado Receso o Reposo invernal que cumplen las especies caducifolias, debido a factores internos de la planta, que la mantienen inactiva aun en presencia de condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo respecto a elementos meteorológicos.

DORSAL

Es la elongación central de un centro de alta presión, se caracteriza por la presencia de estados del tiempo despejados y por baja humedad en el ambiente.

DURACIÓN ASTRONÓMICA DEL BRILLO SOLAR (HELIOFANÍA ABSOLUTA)

La heliofanía absoluta indica para cada día del año de un lugar determinado la duración en horas entre la salida y puesta del sol correspondiente al horizonte astronómico, mediante el uso de un Heliógrafo.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS (ver Factores climáticos)

Cualquiera de las propiedades o condiciones de la atmósfera que, tomadas en conjunto, definen el clima en un lugar determinado (por ejemplo, temperatura, humedad, etc).

ELEVACIÓN

Distancia vertical sobre (o por debajo) del geoide o del nivel medio del mar.

ENSO (El Niño Southern Oscillation).

Fenómeno conocido como Fenómeno del Niño u Oscilación del Sur.

EQUINOCCIOS

Época en que por hallarse el Sol sobre el Ecuador, los días son iguales a las noches en toda la Tierra, lo cual sucede anualmente del 20 al 21 de marzo y del 22 al 23 de septiembre.

ESCARCHA

Capa de hielo cristalino que se forma sobre superficies que se han enfriado lo suficiente como para provocar la congelación del rocío depositado en ellas o del vapor de agua contenido en el aire y que se deposita sobre las superficies expuestas.

ESCALA DE VIENTOS BEAUFORT (Fig.A2)

Sistema de estimación de la fuerza de los vientos; fue ideada por el navegante inglés Beaufort, basándose en los efectos de la fuerza del viento sobre la superficie terrestre y sobre el mar, según la relación entre la velocidad del viento (nudos) y el número en la escala de Beaufort (B), elevado a la potencia de 3/2 y multiplicado por 1.87

$$1 V = 1.87 (B)^{3/2}$$

Velocidad del viento (km/hr)	Número de Beaufort	Efectos del viento sobre la tierra	Designación Oficial
0-1	1	El humo se alza verticalmente	Calma
2-5	2	El humo muestra la dirección del viento, pero no las veletas	Viento Ligero
6-11	3	Se nota el viento en la cara, las hojas susurran, las veletas se mueven	Brisa Ligera
13-19	4	Se mueven las hojas y las pequeñas ramitas, el viento despliega una bandera ligera	Brisa Suave
20-29	5	El viento levanta el polvo y papeles ligeros	Brisa Moderada
30-39	6	Los pequeños árboles con hojas comienzan a oscilar, en las aguas interiores aparecen pequeñas olas con cresta	Brisa Fresca
40-50	7	Grandes ramas se mueven, alambres telegráficos zumban, difícil manejo del paraguas	Brisa Fuerte
51-61	8	Árboles enteros oscilan, caminar frente al viento resulta difícil	Brisa muy Fuerte
62-74	9	Se rompen pequeñas ramas de árboles, los automóviles son desviados en su marcha	Viento Fuerte
75-87	10	Pequeños daños estructurales (se desprenden remates de chimeneas y tejas de pizarra)	Viento muy Fuerte
88-100	11	Son arrancados árboles, considerables daños estructurales	Temporal
101-115	12	Destrozos graves generalizados	Borrasca
116 o más	13	Verdadera catástrofe, estragos graves y extensos	Huracán

Fig.A2. Tabla resumen de escala de viento Beaufort. Fuente: DMC.

ESTABILIDAD

Propiedad de un sistema en reposo o movimiento permanente, en el que toda perturbación introducida en él, decrece.

ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

Condición de la atmósfera que se opone al desarrollo de nubes de los géneros Cúmulos y Cumulonimbus. Se caracteriza por estados del cielo despejado o con presencia de nubes estratiformes.

ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA

Estación que suministra:

- a) Datos meteorológicos, así como también datos biológicos o
- b) Datos de observación que contribuyen con otros al establecimiento de relaciones entre el tiempo atmosférico y la vida de las plantas y de los animales.

Estación que proporciona datos meteorológicos y/o biológicos con fines agrícolas y que efectúa otras observaciones meteorológicas en el marco de los programas de los centros de investigación agrometeorológica y de otras entidades relacionadas.

ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA AUXILIAR

Estación que suministra informes meteorológicos y biológicos; aporta información sobre la capa más baja de la atmósfera; los informes biológicos además de referirse a la fenología, indican datos de aparición y propagación de enfermedades de los cultivos, etc.

ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA ORDINARIA

Estación que suministra regular y simultáneamente datos meteorológicos y biológicos. Puede estar equipada de manera que contribuya, por sus observaciones, a las investigaciones relativas a problemas particulares. En general, las observaciones biológicas y fenológicas son relativas al régimen climático en la cual está inserta la estación.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA

Estación que suministra datos climatológicos, comprendiendo los siguientes: tiempo, viento, nubosidad, temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación e insolación.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL

Estación en donde se procede a observaciones horarias o al menos tres veces al día para, posteriormente, determinar los valores horarios a partir de los instrumentos registradores.

ESTADO DEL CIELO SEGÚN LA COBERTURA DE LA NUBOSIDAD

Clasificación de la cobertura nubosa (en octas). Tabla A6

ESTADO	CARÁCTERÍSTICAS
Despejado	Ausencia total de nubosidad
Nubosidad Parcial	Las nubes cubren de 1/8 a 5/8, partes del cielo
Nublado	Las nubes cubren 6/8 o 7/8, partes del cielo
Cubierto	Las nubes cubren totalmente el cielo

EVAPORACIÓN

Cambio de fase del agua de un estado líquido a vapor por liberación de calor. Se produce una circulación que va de los cuerpos de agua hacia la atmósfera. A mayor evaporación la atmósfera estará más húmeda llegando más rápido a un estado de saturación, lo que eleva la probabilidad de precipitaciones.

EVAPORÍMETRO

Es el instrumento que se utiliza para medir la evaporación del agua en la atmósfera. Consta de un recipiente circular de 1.21 m. de diámetro y 25.5 cm de profundidad. Su área aproximada es de 1.41 mt². Debe estar colocado sobre una base que lo mantenga por encima del suelo, a una distancia mínima de 3 a 5 cm. La estructura de la base debe permitir la libre circulación del viento. El tanque se rellena de agua y se van tomando lecturas diarias del tirante de agua por medio de un bernier llamado tornillo micrométrico.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

Es la combinación de evaporación del agua del suelo y transpiración de las plantas, proceso por medio del cual el agua es transferida a la atmósfera.

FACTORES CLIMÁTICOS

Determinadas condiciones físicas (que no sean los elementos climáticos) que influyen en el clima (latitud, altura, orografía, topografía, corrientes oceánicas, etc).

FENOLOGÍA (ver Observación fenológica)

Estudio del desarrollo cronológico de las fases de la vida vegetal y animal en relación con el tiempo y el clima. Es la manifestación visible del desarrollo condicionado a sucesos meteorológicos. Trata del estudio de los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales determinadas por el tiempo atmosférico, tales como luminosidad, temperatura, precipitación y otros. (del griego: "phaino", "phainesthai" = aparecer, mostrar y "logos" = ciencia, tratado).

FENOMETRÍA

Corresponde al crecimiento o aumento de materia (tamaño o volumen) con el transcurso del tiempo atmosférico, pudiendo abarcar una parte o la totalidad del vegetal.

FOEHN

Viento recalentado y que ha perdido su humedad al descender, en general, a sotavento de una montaña.

FOTOMETEORO

Fenómeno luminoso provocado por reflexión, refracción, difracción o interferencias de la luz solar o lunar. Los principales son el Halo, Arco Iris, Corona, Anillos de Ulloa, Espejismo, Rayo Verde y Colores Crepusculares.

FRENTE

Zona de interacción entre dos masas de aire con características diferentes de temperatura y/o humedad.

FRENTE CALIENTE (o Cálido)

Se produce cuando una masa de aire caliente avanza hacia latitudes mayores y su borde delantero asciende por sobre el aire más frío. Si hay humedad suficiente se observan todos los géneros de nubes estratiformes (St, Sc, Ns, As, Cs) las cuales podrían provocar precipitaciones de tipo continuo.

FRENTE ESTACIONARIO

Es aquél frente que no presenta ningún desplazamiento.

FRENTE FRÍO

Se produce cuando una masa de aire frío avanza hacia latitudes menores y su borde delantero se introduce como una cuña entre el suelo y el aire caliente. Al paso de este sistema se pueden observar nubes de desarrollo vertical (Sc, Cu, Cb) las cuales podrían provocar chubascos o nevadas si la temperatura es muy baja. Durante su desplazamiento la masa de aire que viene desplazando el aire más cálido provoca rápidos descensos en las temperaturas de la región por donde pasa.

FRENTE OCLUÍDO

Se produce cuando un frente frío que se desplaza por lo regular más rápido, alcanza a un frente caliente provocando una oclusión en altura. El estado del tiempo que provoca este sistema es una mezcla de los fenómenos hidrometeorológicos que producen los dos tipos de frentes.

FRONTOGÉNESIS

Este término se refiere al proceso de formación o intensificación de un frente o sistema frontal por influencias físicas (por ejemplo, radiación) o cinemáticas (movimiento del aire).

FRONTOLISIS

Este término se refiere al proceso de disipación o debilitamiento de un frente o sistema frontal.

FUERZA DE CORIOLIS

Efecto debido al movimiento rotacional de la tierra, que se manifiesta en todo cuerpo en movimiento, de tal forma que lo desvía de su trayectoria recta. En el hemisferio norte la desviación ocurre hacia la derecha de la dirección del cuerpo y mientras que en el hemisferio sur la desviación es hacia la izquierda. Ver Parámetro de Coriolis.

GMT – Z

Ver UTC

GOES

Geostationary Observational Environmental Satellite. Sistema de satélites geoestacionarios norteamericanos. Se tienen en operación dos de estos satélites a los que se conoce como GOES-East y GOES-West por la parte del territorio que cubren en sus observaciones. Así, el GOES del este abarca el Atlántico, mientras que el del oeste tiene mejor cobertura sobre el Pacífico.

GRADIENTE DE PRESIÓN

Matemáticamente, vector perpendicular a la isobara o a la superficie isobárica y dirigido hacia los valores bajos de presión. Diferencia de presión entre dos puntos.

GRADIENTE DE TEMPERATURA

La razón del cambio de la temperatura por unidad de distancia, comúnmente referido con respecto a la altura. Se tienen dos gradientes, el adiabático de 10.0 °C/km (en aire seco) y el pseudo adiabático (aire húmedo) es 6.5 °C/km.

GRADOS DÍA (G/D)

Un grado día corresponde a 1 °C de temperatura sobre un umbral mínimo de desarrollo durante 24 horas. Este concepto afirma que el crecimiento de una planta es diferente de acuerdo a la cantidad de calor a la cual está sometida durante su vida y esa cantidad de calor es expresado en grados día. Se considera grado día base, a la diferencia de la temperatura media diaria sobre un mínimo de temperatura necesario para la especie.

Diferencia algebraica expresada en grados, entre la temperatura media de un cierto día y una temperatura umbral o de referencia. Para un período dado (meses, años) es la suma algebraica de los grados día de los diferentes días del período.

GRANIZO (Pedrisco)

Precipitación de glóbulos o trozos de hielo cuyo diámetro es mayor de 5 mm. Este fenómeno se observa durante fuertes tormentas convectivas en las cuales el desarrollo de las cumulonimbus es rápido.

HALO

Fotometeoro en forma de anillo luminoso de 22° a 46° centrado sobre un astro (sol, luna) que se produce cuando la luz que este emite se refracta sobre los cristales de hielo que se encuentran en suspensión en la atmósfera. Este fenómeno se asocia a la presencia de nubes de tipo Cirrostratos.

HELADA

Fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende a un valor igual o inferior al punto de congelamiento del agua, es decir, a 0 °C. También se define así a la ocurrencia de temperaturas iguales o inferiores a 0 °C, independiente de su duración o intensidad. Si a las 18:00 horas se tiene cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3 °C, existe una alta probabilidad que se presente el fenómeno de helada.

Desde el punto de vista de la agricultura, la helada se produce cuando la temperatura del aire desciende a valores que producen daño al vegetal, inclusive su muerte.

HELIÓGRAFO

Es un instrumento que se utiliza para medir las horas de sol en un período de un día. Consiste en una esfera de cristal la cual juega el papel de lente concentradora de la luz solar la cual es proyectada a una cartulina en su parte inferior. La cartulina se quema de acuerdo a la intensidad de la luz.

HIDROMETEORO

Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

HIGRÓMETRO

Es el instrumento utilizado para medir la humedad del aire.

HORAS DE FRÍO

Intervalo de tiempo en que las temperaturas se encuentran entre 0 y 7 °C, considerando su registro desde el comienzo de la caída de las hojas, hasta fines de invierno. Tradicionalmente se aceptan como fechas umbrales al período comprendido entre el 1° de mayo y el 31 de agosto.

HOMÓSFERA

Es la región de la atmósfera en la cual la proporción de los componentes del aire, -a excepción del ozono, vapor de agua y anhídrido carbónico- permanecen constantes; alcanza una altura de aproximadamente 80 Km.

HUMEDAD

Es el contenido de vapor de agua del aire; puede ser expresado como humedad absoluta, relativa o razón de mezcla.

HUMEDAD ABSOLUTA

En un sistema de aire húmedo, es la razón de la masa del vapor de agua respecto al volumen total del sistema; usualmente expresada en gramos por metro cúbico.

HUMEDAD RELATIVA

Corresponde a la razón entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire y la máxima cantidad de vapor de agua que dicho volumen puede contener, expresada en porcentaje.

HURACÁN

Nombre genérico que se le da a un ciclón tropical cuando estos ocurren en las siguientes regiones geográficas: Atlántico Norte, Mar Caribe, Golfo de México, Pacífico Sur y Océano Índico. Ver Ciclón Tropical.

IMAGEN DE RADAR METEOROLÓGICO

Producto digital que se obtiene a partir de la información de los radares de observación. Posteriormente se procesa la información en equipos que permiten el despliegue de imágenes digitales, en las que se grafican variables tales como Lluvia Potencial, Velocidad y Dirección del Viento, Posición y Altura de la nubosidad, entre otras.

IMAGEN DE SATÉLITE METEOROLÓGICO

Imagen digital que se obtiene por medio de los satélites meteorológicos. Existen diferentes tipos de imágenes de acuerdo a la banda del espectro electromagnético que detecten los sensores. En lo referente a meteorología, existen tres bandas principales de estudio, estas son: la visible, la infrarroja y la denominada con vapor de agua. Cada una de estas tiene una aplicación determinada. La más utilizada por los previsores del tiempo es la infrarroja.

ÍNDICE

Razón o fórmula que la expresa, de una dimensión o de un valor cualquiera con respecto a otra dimensión o de otro valor.

ÍNDICE AGROCLIMÁTICO

Indicadores que tratan de obtener relaciones entre uno o más parámetros climáticos, con la finalidad de caracterizar las aptitudes o condiciones productivas de un determinado sector o localidad. Ejemplos de aptitudes son la capacidad productiva, posibilidades de maduración, aptitud varietal, riesgos de enfermedades vegetales, etc.

ÍNDICE CLIMÁTICO

Número destinado a caracterizar un clima en función de los principales elementos climáticos.

INESTABILIDAD

Propiedad de un sistema en reposo o en movimiento permanente, en el que toda perturbación que es introducida en él crece y se desarrolla.

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

Es la razón de incremento de la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo. Se clasifica en ligera, moderada y fuerte según se observa en la Tabla A8.

Criterios para determinar la intensidad de la lluvia.

Intensidad	mm/hr	Criterios
Ligera	2.5 o menos	Las gotas son fácilmente identificables, unas de otras; las superficies expuestas secas tardan más de dos minutos en mojarse completamente.
Moderada	2.5 - 7.5	No se pueden identificar gotas individuales; los charcos se forman rápidamente. Las salpicaduras de la precipitación se observan hasta cierta altura del suelo o de otras superficies planas.
Fuerte	7.5 - o más	La visibilidad es bastante restringida y las salpicaduras que se producen sobre la superficie se levantan varias pulgadas.

Tabla A8

ISOTERMA

Es una línea trazada sobre un mapa que une puntos donde la temperatura del aire tiene el mismo valor.

LATENCIA

Ocurre generalmente en invierno debido a factores externos que influyen sobre el árbol, inhibiendo su desarrollo. Basta exponer la planta a un medio ambiente favorable para que se inicie nuevamente su crecimiento.

LLOVIZNA

Precipitación uniforme constituida por minúsculas gotas de agua, muy próximas unas de otras. La llovizna cae de una capa densa de estratos

LLUVIA

Precipitación de gotas de agua líquida de diámetro mayor a 0.5 mm, pero muy dispersas. Ver Intensidad de precipitación

MASA DE AIRE

Volumen extenso de la atmósfera cuyas propiedades físicas, en particular la temperatura y la humedad en un plano horizontal, muestran sólo diferencias pequeñas y graduales. Una masa puede cubrir una región de varios millones de kilómetros cuadrados y poseer varios kilómetros de espesor.

MASA DE AIRE ESTABLE

Masa de aire en la que prevalece la estabilidad estática, condición que depende de los gradientes verticales de temperatura.

MASA DE AIRE INESTABLE

Masa de aire que presenta inestabilidad en las capas inferiores; se producen nubes convectivas y precipitaciones; el contenido de humedad es elevado.

MESOCLIMA

Clima de una región natural de pequeñas dimensiones (valle, bosque, plantación, parque, etc). Bajo un punto de vista de la escala, es un intermedio entre el microclima y el macroclima.

MESOESCALA

Un fenómeno de mesoescala es aquél que tiene una duración entre 1 y 12 horas, una extensión horizontal, entre 1 y 100 Km. o una altura entre 1 y 10 Km. Ejemplo de estos fenómenos son las tormentas convectivas, tornados, brisa de mar, etc.

METEORO

Fenómeno aparte de las nubes que es observado en la atmósfera o en la superficie del globo terrestre. Los meteoros teniendo en cuenta la naturaleza de sus partículas constitutivas o los procesos físicos que intervienen en su formación, se han clasificado en cuatro grupos principales: Hidrometeoros, Litometeoros, Fotometeoros y Electrometeoros.

METEOROLOGÍA

Estudio del estado y procesos de la atmósfera. Del griego, meteoros (alto), logos (tratado). Ciencia que estudia la atmósfera; comprende el estudio del tiempo, ocupándose del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre.

METEOROLOGÍA AGRÍCOLA

Parte de la meteorología que se ocupa de las relaciones entre los elementos meteorológicos e hidrológicos, por una parte y la agricultura en su acepción más amplia, es decir, englobando la horticultura, la zootecnia y la silvicultura, por otra. Tiene por objetivo descubrir y definir estas relaciones y aplicar a la práctica agrícola el conocimiento de la atmósfera. Su dominio se extiende desde las capas del suelo que contienen a las raíces más profundas y el nivel superior que interesa a la aerobiología. (Aerobiología = Ciencia que trata de los pequeños organismos (vegetales y animales) en suspensión en la atmósfera y que analiza su comportamiento en el aire y sus efectos sobre otros organismos).

METEOROLOGÍA APLICADA

Parte de la meteorología relativa al uso del conocimiento de la atmósfera en beneficio de las actividades humanas. Sus especialidades son: meteorología agrícola, meteorología aeronáutica, meteorología marina, biometeorología, etc.

METEOROLOGÍA SINÓPTICA

Estudia los fenómenos meteorológicos en tiempo real, basándose en las observaciones realizadas a la misma hora y anotadas sobre mapas geográficos con el objeto de predecir el estado del tiempo futuro.

MICROCLIMA

Comportamiento de pequeña escala en la capa atmosférica adyacente a una superficie determinada.

NEBLINA

Suspensión en la atmósfera de gotas microscópicas de agua o de núcleos higroscópicos húmedos que reducen la visibilidad en superficie.

NIEBLA

Es un hidrometeoro consistente en numerosas góttas de agua, lo suficientemente pequeñas para mantenerse suspendidas en el aire indefinidamente. Reduce la visibilidad a menos de 1 Km.

NIEBLA DE ADVECCIÓN

Se forma en la parte inferior de una masa de aire húmedo que se desplaza sobre una superficie más fría.

NIEBLA FRONTAL

Se forma por la interacción de dos masas de aire, por el descenso de la base de las nubes o por la saturación del aire con lluvias continuas.

NIEBLA DE RADIACIÓN

Se forma por la noche debido al enfriamiento de las capas de aire que están en contacto con el suelo frío, hasta que alcanzan la condensación.

NORMALES

Medias periódicas, calculadas para un período uniforme y relativamente largo, que comprenda por lo menos tres períodos consecutivos de diez años (30 años)

NUBE

Aglomeración de gotitas de agua en estado líquido, sobre enfriadas o congeladas, suspendidas en el aire. La Organización Meteorológica Mundial ha definido 10 géneros de nubes, cada uno de los cuáles tiene forma distinta y puede ser asociado a diferentes hidrometeoros o fotometeoros.

Género de nubes

GÉNERO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS
NUBES ALTAS		
Cirros	Ci	Nubes de aspecto filamentosos, no provocan precipitación
Cirrocúmulos	Cc	Nubes de aspecto de glóbulos, no provocan precipitación
Cirrostratos	Cs	Nubes con aspecto de velo, provocan el halo solar y lunar
NUBES MEDIAS		
Alto cúmulos	Ac	Con forma de glóbulos; no dan precipitación
Alto estratos	As	Forman un manto que opaca al sol, no produce lloviznas; provocan la corona solar y lunar
Nimbostratos	Ns	Capa nubosa gris de tipo estable que oculta al sol y provoca precipitaciones de tipo continuas e intermitentes
Estrato cúmulos	Sc	Bancos de nubes cumuliformes que producen lloviznas ligeras continuas y lloviznas
NUBES BAJAS		
Estratos	St	Manto de nubes grises que pueden provocar lloviznas al espesarse mucho
Cúmulos	Cu	Nube aislada y densa, que se desarrolla verticalmente con protuberancias; no producen lloviznas
NUBES DESARROLLO VERTICAL		
Cumulonimbos	Cb	Nube densa y potente, de considerable desarrollo vertical que produce chubascos y tormentas eléctricas

NUDO

Unidad de medida de la velocidad del viento; equivale aproximadamente a 0.5 mt/seg.

OBSERVACIÓN FENOLÓGICA

Tipo de observación biológica que registra ciertos fenómenos, tales como las fechas en que se producen distintas etapas del desarrollo de una planta o en que aparecen ciertas especies de aves. Se trata en general de fenómenos naturales que se relacionan con los cambios estacionales del clima.

OMM (Organización Meteorológica Mundial)

Organismo intergubernamental especializado de la Organización de las Naciones Unidas, constituido el 23 de marzo de 1950. Se encarga de coordinar, estandarizar y mejorar las actividades meteorológicas a nivel mundial.

OZONO

Molécula triatómica de oxígeno que se produce principalmente en la alta estratósfera por la disociación de moléculas provocada por las radiaciones ultravioletas que emite el sol. Este gas absorbe las radiaciones ultravioletas emitidas por el sol en la gama de longitudes de onda de 0.2 a 0.3 micras. La mayor concentración de este elemento se encuentra entre los 20 y 25 km de altitud, en la ozonósfera.

PARÁMETRO DE CORIOLIS

Es un valor que se define con la letra f en las ecuaciones que rigen los modelos numéricos para pronóstico de tiempo. Depende de la latitud y la velocidad angular de la tierra.

$$f = 2 * \omega * \text{sen } \varphi$$

donde: ω es la velocidad angular terrestre y

φ la latitud de un punto

PERCEPCIÓN REMOTA

Es una disciplina que se dedica a todo lo relacionado con imágenes digitales, incluyendo a las imágenes de radares y satélites meteorológicos.

PERIODO DE REGISTRO

Lapso cronológico durante el cual un elemento meteorológico especificado se ha observado en un lugar determinado.

PERIODO DE RETORNO

Intervalo medio de tiempo o número de años al cabo de los cuales se igualará o superará un suceso. Se llama también Intervalo de Recurrencia.

PLUVIÓMETRO

Es un instrumento que se utiliza para medir la altura de la precipitación.

PRECIPITACIÓN

Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

PRECIPITACIÓN CONTINUA

Se dice que la precipitación es continua cuando su intensidad aumenta o disminuye gradualmente.

PRECIPITACIÓN INTERMITENTE

La precipitación es intermitente cuando se interrumpe y comienza de nuevo, cuando se produce al menos una vez en el lapso de una hora y su intensidad disminuye o aumenta gradualmente.

PREDICCIÓN METEOROLÓGICA (Predicción del tiempo, pronóstico del tiempo)

Resultado del análisis que realiza un meteorólogo.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Es la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra encima de este punto.

PROCESO ADIABÁTICO

Proceso en el cual no se realiza intercambio de energía con el entorno.

PROCESOS DE CONVECCIÓN

Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuáles se pueden convertir en cumulonimbus (nubes de tormenta) si la convección es muy fuerte.

PROMEDIO

Valor medio correspondiente a un período cronológico, generalmente días, semanas, meses, décadas, años.

PRONÓSTICO METEOROLÓGICO

Es la estimación del estado futuro de la atmósfera en base a las condiciones meteorológicas actuales.

PSICRÓMETRO

Instrumento consistente en un termómetro de bulbo seco y uno de bulbo húmedo, que se utiliza para medir el contenido de vapor de agua en el aire.

PUNTO DE ROCÍO (Temperatura de punto de rocío)

Es la temperatura a la cuál el aire alcanza la saturación, es decir se condensa.

RACHA

Es un aumento brusco del viento con respecto a su velocidad media tomada en un cierto intervalo de tiempo. Su duración es menor de 20 segundos y una variación de cuando menos 15 km/h; va seguida de un descenso en el viento.

RADAR

Acrónimo de "RADio Detection And Ranging". Sistema de Detección y Localización de Blancos, los cuales son capaces de reflejar ondas de radiofrecuencia recibiendo de regreso un eco desde un objetivo, del cual se pueden determinar varios parámetros en base a las características de la señal recibida.

RADIOSONDA

Es un instrumento que se ata a un globo lleno con algún gas ligero, con el objeto de realizar la medición de datos meteorológicos a diferentes alturas, los cuales se transmiten a una estación receptora ubicada en superficie. El radiosonda incluye sensores para medir presión, temperatura y humedad, un modulador, un mecanismo conmutador y un radio transmisor.

RADIOSONDEO

Exploración que se hace de la atmósfera por medio de los globos sonda o radiosondas. Esta actividad por convención internacional de la OMM se realiza en horarios referidos al meridiano de Greenwich dos veces al día.

RELÁMPAGO

Descargas eléctricas visibles, generadas durante las tormentas. Ver electrometeoro

RESOLUCIÓN

En percepción remota este término se refiere al valor mínimo determinado para alguna de las variables que definen a una imagen digital. Estas variables pueden ser distancia y tiempo.

RESOLUCIÓN ESPACIAL

Define la resolución en distancia que puede detectar un sensor de imágenes digitales como los satélites o los radares meteorológicos. Es la distancia que cubre el pixel central de la imagen.

RESOLUCIÓN TEMPORAL

Define el periodo de tiempo entre imágenes consecutivas detectadas por un sensor. Por ejemplo los satélites GOES tienen una resolución espacial de 30 minutos; esto es, el tiempo que transcurre entre una y otra imagen.

RÍO ATMOSFÉRICO

Es un fenómeno presente en la tropósfera en forma de corredor largo y angosto donde se presenta un fuerte transporte de vapor de agua. Si bien a estos corredores se los distingue sobre los océanos y los continentes, es común identificarlos con mayor claridad sobre los océanos, porque son la principal fuente de humedad en la atmósfera. Un RA se forma típicamente en conjunción con los frentes fríos de latitudes medias, alineándose en la dirección paralela al frente y justo por delante del mismo en la masa de aire cálido.

ROCÍO

Es el agua condensada sobre los objetos ubicados cerca de la superficie terrestre y se debe al descenso de la temperatura más allá de la temperatura de punto de rocío, lo que resulta en la condensación del vapor de agua contenido en el aire.

SATÉLITE METEOROLÓGICO

Es un satélite diseñado exclusivamente para recepción y transmisión de información meteorológica. Los datos que proporciona son en su mayoría en tiempo real. Existen dos clases de ellos, los geoestacionarios y los polar-sincrónicos.

SATÉLITE METEOROLÓGICO GEOESTACIONARIO

Se caracterizan por permanecer sobre un punto fijo con respecto a la superficie terrestre y una distancia aproximada de 36 mil Km. de altura. Las imágenes que proporcionan estos satélites tienen una frecuencia de 30 minutos y su resolución espacial va de 8 a 1 km. De este tipo de satélites son los norteamericanos GOES.

SATÉLITE METEOROLÓGICO DE ÓRBITA POLAR:

Estos satélites reciben este nombre por el tipo de órbita. En vez de girar alrededor de la tierra en sentido de los paralelos, lo hacen pasando por los polos. Como a su vez la tierra también gira se produce un barrido total de la superficie alternando los sentidos N-S y S-N en el mismo día, dependiendo en que porción de su órbita se encuentre el satélite. Las pasadas se producen a una altura comprendida entre los 800 y 1200 Km

SATURACIÓN

Condición del aire que se presenta cuando la cantidad de vapor de agua que contiene es la máxima posible para la temperatura existente.

SERIE CLIMATOLÓGICA

Un juego de datos homogéneos compuesto de variables aleatorias discretas o continuas, seleccionado de una sola población, comúnmente infinita en su extensión.

SOLSTICIO

Época en que el Sol se halla en uno de los dos trópicos, lo cual sucede del 21 al 22 de junio para el de Cáncer y del 21 al 22 de diciembre para el de Capricornio. El solsticio de invierno, que hace en el hemisferio boreal el día menor y la noche mayor del año, y en el hemisferio austral todo lo contrario. En el solsticio de verano, que hace en el hemisferio boreal el día mayor y la noche menor del año, y en el hemisferio austral todo lo contrario.

SUBSIDENCIA

Movimiento descendente de una capa de aire sobre una extensa zona; este fenómeno provoca estabilidad en la atmósfera.

TEMPERATURA AMBIENTE

Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura.

TEMPERATURA EXTREMA

Temperatura más alta o más baja alcanzada en un intervalo cronológico dado.

TEMPERATURA MÁXIMA

Es la mayor temperatura registrada durante el periodo de 12 horas que va desde las 08:00 a las 20:00 hr. en invierno y entre las 09:00 y 21:00 hr. en verano; se presenta por lo general entre las 15:00 y las 17:00 horas.

TEMPERATURA MEDIA DIARIA

Media de las temperaturas observadas, en 24 intervalos cronológicos iguales, durante 24 horas seguidas; o una combinación de temperaturas observadas con menos frecuencia, ajustadas de modo que difiera lo menos posible del valor de 24 horas.

TEMPERATURA MÍNIMA

Es la menor temperatura registrada durante el periodo de 12 horas que va desde las 20:00 a las 08:00 hrs. en invierno y entre las 21:00 y 09:00 en verano; se presenta por lo general entre las 06:00 y las 08:00 horas.

TENDENCIA CLIMÁTICA

Cambio climático caracterizado por un aumento (o una disminución) suave y monotónico de los valores medios durante el período de registro; no se limita a un cambio lineal con el tiempo, sino que se caracteriza por un solo máximo y un solo mínimo al comienzo y al final del registro.

TERMÓMETRO

Instrumento que se utiliza para medir la temperatura. Consiste en un tubo de cristal graduado con un tubo inserto relleno de Mercurio o Alcohol, el cual se dilata o comprime según la temperatura; se lee la altura que alcance en la escala graduada adjunta.

TORMENTA

Precipitación en forma de chubasco, acompañada por vientos fuertes, que es provocada por una nube del género cumulonimbus.

TORNADO

Es la perturbación atmosférica más violenta, en forma de remolino, que se forma a partir de una nube cumulonimbus; son de extraordinario desarrollo, resultado de una excesiva inestabilidad; provoca un intenso descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica.

TROMBA

Es un fenómeno similar a un tornado, solo que este se forma en la zona costera o en el mar.

TURBULENCIA

Es un cambio brusco de la velocidad y dirección de los vientos, provocada por obstrucciones naturales o artificiales al paso de aire o por excesivo calentamiento de la superficie terrestre y que da lugar a la formación de nubes de tipo cumuliformes.

UTC (GMT – Z)

Siglas inglesas de Tiempo Universal Coordinado. Lo mismo que Hora de Greenwich. En Chile, la diferencia horaria es de – 4 horas en horario de invierno y de -3 en horario de verano.

VAGUADA

Es una configuración isobárica en la que a partir del centro de una baja presión las isobaras se deforman alejándose más del centro de un lado que en cualquier otra dirección. Este fenómeno produce mal tiempo.

VALOR PROMEDIO – VALOR MEDIO

Media aritmética (m) de un número (n) de observaciones: x_1, x_2, \dots, x_n .

VAPOR DE AGUA

La cantidad de vapor de agua en la atmósfera es variable, siendo mayor en la regiones marítimas; depende de la evaporación y la evapotranspiración que se produce en la superficie de la tierra, y a pesar de encontrarse en pequeñas proporciones en la atmósfera -hasta un 3%-, este gas juega un papel muy importante en la formación de los fenómenos meteorológicos.

VELETA

Instrumento que indica o registra la dirección desde la cual sopla el viento.

VELOCIDAD DEL VIENTO

Razón del movimiento del aire en unidad de distancia por unidad de tiempo.

VERNALIZACION (RECESO, REPOSO)

Mientras el árbol frutal no haya completado sus requerimientos de frío, no estará preparado (vernalizado) para recomenzar su actividad fisiológica. Este mecanismo de seguridad es el que le impide brotar anticipadamente en el caso de haber ocurrido un período inusitado de calor en el invierno.

VIENTO

Aire en movimiento relativo a la superficie de la tierra, casi exclusivamente usado para denotar la componente horizontal.

VIENTOS ALISIOS

Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador del noroeste en el Hemisferio Norte y desde el sureste en el Hemisferio Sur.

VIENTO ANABÁTICO

Es el viento húmedo y cálido que se eleva por una ladera y que a su paso se condensa provocando la formación de nubes de tipo lenticular en la cima.

VIENTO CATABÁTICO

Es el aire fresco y seco que desciende a sotavento de la montaña, después de haberse condensado toda la humedad de lado de barlovento.

VIENTO GEOSTRÓFICO

Es el viento resultante del equilibrio entre la Aceleración de Coriolis y la fuerza del Gradiente Horizontal de Presión. Sopla paralelamente a las isobaras o isohipsas.

VIENTO SECO

Tipo de viento, frecuentemente calentado y desecado por compresión, que tiene distintos nombres según el lugar del planeta en que se produce, por ejemplo:

Bise, bora, chinook, foehn, ghibli, habook, harmattan, khamsin, mistral, shamal, simún, sukhovei, tramontana, zonda, raco (zona central de Chile), puelche (zona sur de Chile), terral (zona centro norte de Chile), etc.

VIRGA

Precipitación que se evapora antes de llegar al nivel de la superficie.

VISIBILIDAD

Distancia horizontal máxima a la que un observador puede distinguir claramente algunos objetos de referencia en el horizonte. Algunos meteoros reducen la visibilidad.

METEORO	VISIBILIDAD (KM)	HUMEDAD (%)	CONSTITUCIÓN
Niebla	Hasta 1	90-100	agua o hielo
Neblina	1-2	80-90	agua o hielo
Calima	2	<80	partículas sólidas
Bruma	2	<80	partículas sólidas
Lluvia	3	100	agua o hielo
Llovizna	1	100	agua o hielo

VORTICIDAD

Un vector de medición microscópica de la rotación local en el flujo de aire. Una vorticidad positiva indica la circulación del viento en sentido contrario a la de los punteros del reloj, (Circulación Anticiclónica en el Hemisferio Sur); vorticidad negativa indica flujo de viento en el mismo sentido que los punteros del reloj (Circulación Ciclónica en el Hemisferio Sur).

ZONA ÁRIDA

- Zona en la cual la precipitación es tan insuficiente que debe practicarse la irrigación si se quiere realizar cultivos.
- Zona en la cual la evaporación excede siempre a la precipitación.

ZONA CLIMÁTICA

Zona caracterizada por la distribución de los elementos climáticos conforme a la latitud. Se utilizan los términos clima polar, templado, subtropical y ecuatorial para designar las zonas climáticas que se suceden del polo al ecuador.

ZONA CICLOGENÉTICA

Es la zona en donde se presentan las condiciones favorables para la formación de un ciclón.

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT)

Es la zona donde convergen los vientos alisios de ambos hemisferios. También es conocida como Ecuador Meteorológico. De la figura anterior se ve que las principales zonas de ciclogénesis tropical están dentro de esta zona.



Dirección Meteorológica de Chile
Subdepartamento Climatología y Meteorología Aplicada
Sección Meteorología Agrícola



Sitio web: www.meteochile.gob.cl - Teléfono: +562 24364590-4539 - Twitter oficial: @meteochile_dmc
Correo: datosagro@meteochile.cl