U 1855

UNIDAD DE CLIMA

CHARLA A PROFESORES - V REGION

TEXTO DE APOYO - CLIMA

1992

CIREN CORFO
Centro de información de recursos naturales

Manuel Montt 1164/Fonos: 749669-2236641/Cas. 14995/Télex: 242017 CIREN CL/Santiago de Chile

U 1855

CIREN CORFO
Centro de información de recursos naturales

Manuel Montt 1164 / Teléfonos: 2749669 - 2236641 / Casilla: 14995 / Télex: 242017 CIREN CL / Fax: 496407 / Santiago de Chile

- UNIDAD DE DOCUMENTACION -
Registro ✓ Clasificación ✓
Catalogación ✓ Indización ✓
Ingreso BD ✓ Marbete
28/8/92

Centro de Información de Recursos Naturales
BIBLIOTECA
CIREN

CHARLA A PROFESORES - V REGION

TEXTO DE APOYO - CLIMA

1992

CIREN CORFO
Centro de información de recursos naturales
Manuel Montt 1164 / Teléfonos: 2749669 - 2236641 / Casilla: 14995 / Télex: 242017 CIREN CL / Fax: 496407 / Santiago de Chile

PRESENTACION

Este texto se inscribe en una actividad de extensión experimental que realizó CIREN en apoyo a la gestión de capacitación de profesores, a solicitud de MINEDUC V Región en el contexto de su curso "Recursos Naturales Renovables y No Renovables para Profesores Supervisores".

La Participación de CIREN se llevó a efecto en las cuatro Direcciones Provinciales de Educación de la V Región - San Felipe, Quillota, Valparaíso y San Antonio -, del 13 al 16 de Julio de 1992. En cada Dirección Provincial se expuso un conjunto de tres charlas dedicadas al agua, al clima y al medio ambiente y los recursos naturales.

El esfuerzo de preparación de las charlas significó la recopilación y organización de material relevante, además de la entrega de un documento escrito a las autoridades educacionales de la V Región, constituyendo una nueva experiencia de extensión para CIREN.

Aunque por ahora este tipo de actividades no constituye parte del quehacer habitual de CIREN, la proyección que podría tener sería inmensa, motivo por el cual se ha estimado conveniente hacer entrega oficial de una copia del texto preparado en torno al tema de clima, como un aporte a una eventual acción futura de extensión .

MARIA ILIA CARDENAS G.
UNIDAD DE CLIMA

CONTENIDOS

INTRODUCCION

1 LA ATMOSFERA: SISTEMA DE REPARTO GLOBAL DE ENERGIA Y HUMEDAD

- los procesos de calentamiento y enfriamiento atmosferico
- las condiciones atmosféricas y la variedad de paisajes

2 EL COMPORTAMIENTO DE LA ATMOSFERA COMO FACTOR EN LA EVOLUCION DEL PAISAJE

- el comportamiento de la atmosfera y el paisaje
- el comportamiento de la atmósfera y la variedad de paisajes del territorio nacional

3 LOS PROCESOS ATMOSFERICOS Y LA DIMENSION DEL TIEMPO

- meteorología
- climatología
- paleoclimatología

4 PROCESOS ATMOSFERICOS DE CORTO PLAZO

- instituciones meteorológicas
- generación y tratamiento de información meteorológica

5 PROCESOS ATMOSFERICOS RECURRENTES EN EL TIEMPO Y EL ESPACIO

- instituciones ligadas al estudio del clima
- generación y tratamiento de información climática
- clasificación genética del clima
- clasificaciones efectivas del clima
- el clima como recurso natural
- el recurso agroclimático de la V Región (CIREN).

6 PROCESOS ATMOSFERICOS DE LARGO PLAZO

- presentación de evidencia de cambios de clima del planeta
- forzamiento externo de las variaciones del clima

TECNOLOGIA MODERNA PARA INTERPRETAR INFORMACION SOBRE CLIMA

INTRODUCCION

Quizá uno de los puntos más importantes en el avance del estudio y aplicación de la información sobre las condiciones atmosféricas no lo constituya la tecnología en sí, por demás de rápido avance, sino la ampliación de los criterios conceptuales de análisis para abordar éstas y otras materias relacionadas con el medioambiente y los recursos naturales, así como las proyecciones que de estos enfoques amplios se deriva.

Esta apertura de criterios para analizar la información sobre las condiciones de la atmósfera, sea cual sea la escala témporo-espacial elegida, adquiere connotación ambiental en la cual es posible concebir al tiempo y al clima atmosféricos como **algo más** que un mero sujeto gaseoso que rodea la superficie terrestre y del cual sólo se ocupan los científicos y quienes desean incluir un párrafo introductorio en un capítulo descriptivo de algún lugar del planeta.

En un contexto amplio como el de sistemas, la atmósfera y sus variadas y variables condiciones témporo-espaciales asumen **un rol protagónico en el concepto de clima como recurso natural y en la generación de condiciones ambientales físicas del paisaje terrestre.** Esto, lejos de ser retórica, es una realidad palpable para quienes se desenvuelven en el área de los estudios del tiempo atmosférico y del clima: **al considerar a la atmósfera como un subsistema del paisaje, se enfatiza las funciones y relaciones que establece con otros subsistemas y se realza la necesidad de un manejo creciente de información adecuada y cada vez más especializada sobre la atmósfera.** Baste señalar por ahora, a modo de ilustración, la función de transferencia de masa (hídrica) y de energía (calor) que tiene lugar en el planeta gracias a la atmósfera, en estrecha interacción con la litósfera y la hidrósfera, o la creación de determinadas condiciones de ventilación que favorecen o disipan la concentración de desechos vertidos en la atmósfera, o la influencia sobre los procesos de intemperización y evolución del relieve y los suelos.

En las próximas líneas se revisará algunas de las relaciones que establecen las condiciones atmosféricas con otros subsistemas del paisaje, los requerimientos de información para el análisis y algunos medios de obtención, a fin de facilitar la actualización del conocimiento y manejo de información relativa al tema en un contexto de análisis témporo-espacial.

Específicamente, se busca que los profesores logren:

- Identificar y explicar el rol de los elementos del clima en la constitución de recursos naturales y en la generación de paisajes y condiciones ambientales en una perspectiva sistémica de los fenómenos de la naturaleza (componentes externos, componentes internos, factores, funciones e interacciones).
- Identificar y explicar las causas de la variedad de paisajes que presenta el territorio nacional desde la perspectiva de los fenómenos atmosféricos y sus vínculos inmediatos con otros susbsistemas conductores del paisaje natural.
- Identificar y explicar procesos atmosféricos definidos en el corto plazo (meteorología, instituciones, generación y tratamiento de la información, resultados y sus usos).
- Identificar y explicar la diferencia y utilidad de diversas clasificaciones climáticas, en particular de la V Región (clasificación genética y clasificaciones efectivas del clima).
- Identificar y explicar procesos atmosféricos definidos en el largo plazo (variabilidad climática y cambio climático).
- Identificar los atributos de la atmósfera que explican la presencia de fenómenos que ocurren inmersos en el fluido atmosférico y que por sus proporciones actualmente constituyen problemas ambientales (contaminación atmosférica y contaminación acústica).

1 LA ATMOSFERA: SISTEMA DE REPARTO GLOBAL DE ENERGIA Y HUMEDAD

Al señalar los elementos componentes de la atmósfera es normal hacer referencia a la temperatura, la presión y los vientos, la humedad relativa y la precipitación, lo cual si bien es correcto, olvida que el motor fundamental de los procesos atmosféricos es la energía solar. La presencia de este "motor" genera los procesos de calentamiento y enfriamiento diferencial de las superficies líquidas y sólidas del planeta y de transferencia de energía y humedad desde las diversas superficies hacia la atmósfera y su reparto en el globo terráqueo.

Por este motivo, en un esquema sistémico de análisis de las condiciones de la atmósfera, es preciso identificar por anticipado dos tipos de elementos que componen el subsistema atmósfera:

- **elemento externo**, representado por la constante de energía que emite el Sol, sin olvidar que, en realidad, es variable y que posee ciclos con niveles máximos y mínimos de actividad radiativa, aún poco conocidos.

- **elemento atmosférico**, o la masa gaseosa compuesta, de la cual se distingue un conjunto de atributos: la temperatura, la presión, y la humedad. Estos atributos son esenciales en la definición de las condiciones atmosféricas, pues intervienen en la generación de los vientos producto de las diferencias de presión y en la generación de nubosidad y precipitaciones en sus diversas manifestaciones (líquida y sólida).

Asimismo, es necesario distinguir las diversas circunstancias que modifican las magnitudes que presentan los elementos atmosféricos y en este punto también es positivo para el análisis distinguir entre:

- **factores cósmicos**, o determinados por relaciones de posición y movimiento del planeta en relación a un sistema mayor (sistema solar), en el que diversas leyes físicas gobiernan las cantidades de energía que en determinado momento del año llega al tope exterior de la atmósfera en una determinada posición de la esfera planetaria. Estos factores son: la **posición de la Tierra en la órbita elíptica anual** que describe en torno al foco radiante ubicado en posición excéntrica y que da lugar a las estaciones del año; la **rotación terrestre sobre su eje**, que permite la alternancia de períodos diarios de iluminación y oscuridad y que, además, por la **inclinación de este eje de rotación respecto al plano de la elíptica**, permite la iluminación alternada de los puntos polares, los cuales de otro modo, permanencerían en la oscuridad. Finalmente, la **ubicación latitudinal o factor zonal**, que define la posición cósmica respecto a los rayos solares de cada punto de la esfera terrestre en cualquiera de los momentos

del año y que, por lo tanto, permite determinar la cantidad de energía que potencialmente recibe mientras permanece iluminado.

- **factores planetarios**, que están definidos en función de la posición relativa de un lugar respecto a condiciones o circunstancias que afectan a la cantidad de energía que llega a la superficie al atravesar la atmósfera y de las modificaciones que sufre la energía según las condiciones superficiales, antes de ser transferida a la atmósfera. Vale decir, **posición relativa** respecto a factores de **tipo azonal o longitudinal y extrazonal o local**, que influyen en el calentamiento atmosférico. De este calentamiento diferencial depende, en definitiva, la capacidad de la movimiento y transporte de energía y humedad que presente la atmósfera.

Los factores azonales o con fuerte composición longitudinal son: **repartición de aguas y tierras**, que se expresa en distancia al mar y el factor de continentalidad calculado con información térmica; los **principales accidentes del relieve**, manifestados como atributos de altitud, laderas de exposición o de abrigo); **los flujos y condiciones de masas de aire**, definidas por el modelo de circulación general de la atmósfera; **los flujos y condiciones de las aguas**, definidas por las corrientes oceánicas.

Los factores extrazonales o locales son: la **presencia o ausencia de vegetación**, que interfiere en la llegada de energía solar a la superficie y en el balance hídrico y la **composición de los aerosoles atmosféricos**, es decir, los tipos de líquidos y sólidos en suspensión, dispersa o aglomerada en nubes, que interfiere en la cantidad de flujos de energía del sol a la superficie terrestre y de ésta hacia la atmósfera.

Procesos de Calentamiento y Enfriamiento Atmosférico

Una condición básica a establecer es que la atmósfera no se calienta por efecto directo del Sol, o al menos no lo hace en forma importante en el nivel troposférico. **El calentamiento de la atmósfera ocurre por transmisión de calor desde la superficie.** Esto ocurre así, porque la energía electromagnética que llega del Sol corresponde a energía fundamentalmente de banda lumínica, con baja capacidad calórica. Esta, al llegar a la superficie de la Tierra, sea líquida o sólida, es absorbida y transformada en energía de banda calórica. Así, aumenta la cantidad de energía de los cuerpos superficiales, bajo la forma sensible (aumento de la temperatura), o bajo la forma latente (almacenada en las moléculas de la materia, particularmente en el agua). La energía es transmitida desde la superficie a la atmósfera en tres formas físicas: **radiación, conducción y convección.**

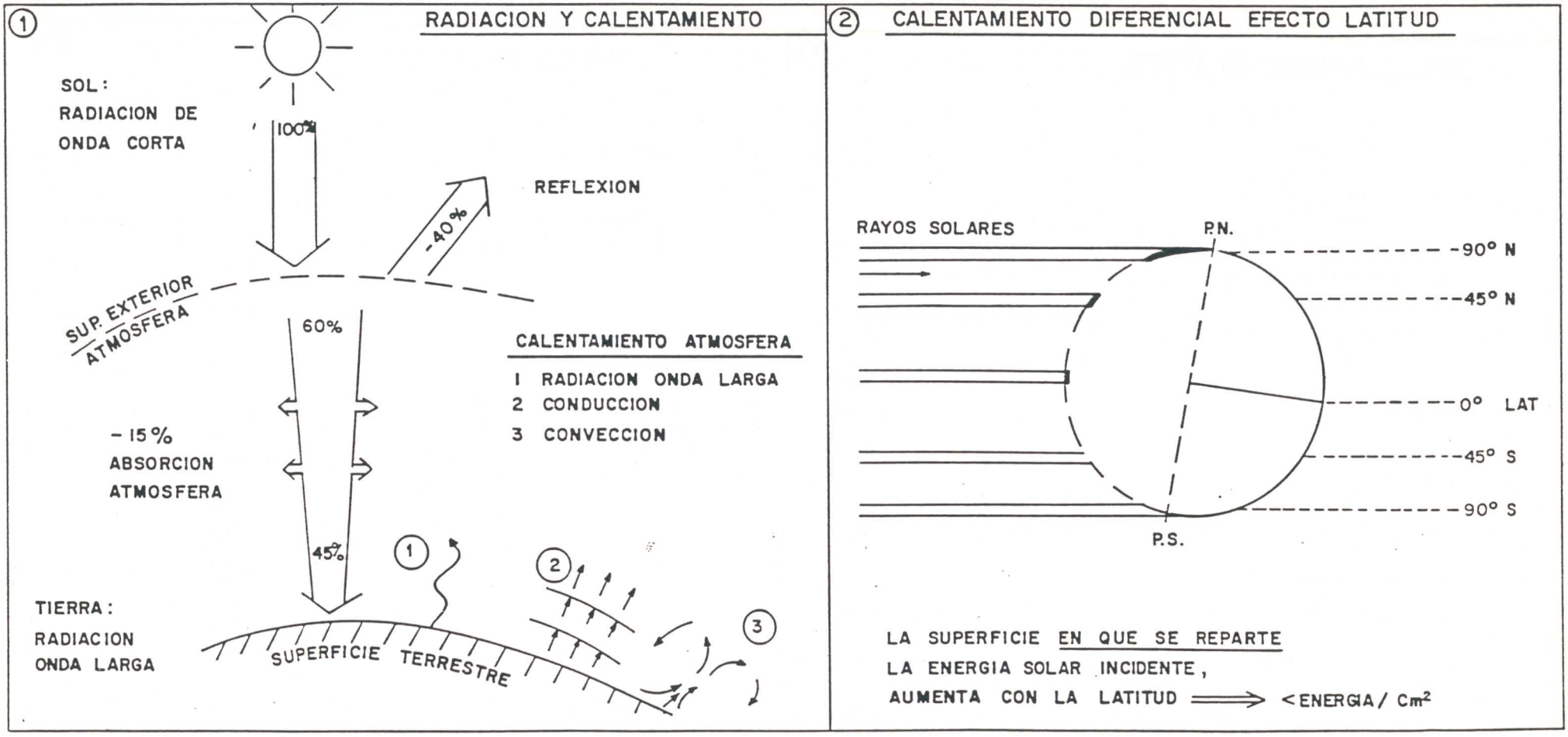
Obviamente, esta absorsión de energía luminosa sólo se produce durante el periodo iluminado que afecta a un lugar y durante el

periodo oscuro se produce pérdida de energía superficial y el consiguiente enfriamiento de las superficies, a medida que la entrega de energía a la atmósfera ocurre durante el periodo oscuro.

Sin embargo, del hecho que una superficie líquida pueda almacenar calor, deriva un proceso de **calentamiento diferencial de la atmósfera**, según sea el tipo de superficie subyacente. La superficie terrestre sólida se calienta en forma rápida y sin almacenar de energía, por lo tanto, su entrega de calor es casi simultánea y concordante con respecto a los periodos de iluminación y oscuridad, causando el calentamiento y enfriamiento de la atmósfera en forma de pulsos día - noche y con diferencia notable entre el invierno y el verano. En cambio, la superficie líquida se calienta en forma lenta, pues almacena temporalmente parte de la energía recibida, por lo tanto, su entrega de calor a la atmósfera es a menor tasa que la superficie sólida, pero a más largo plazo. Estos hechos resultan en un lento calentamiento y enfriamiento de la atmósfera en áreas oceánicas y menor diferencia térmica entre el día y la noche y entre el verano y el invierno.

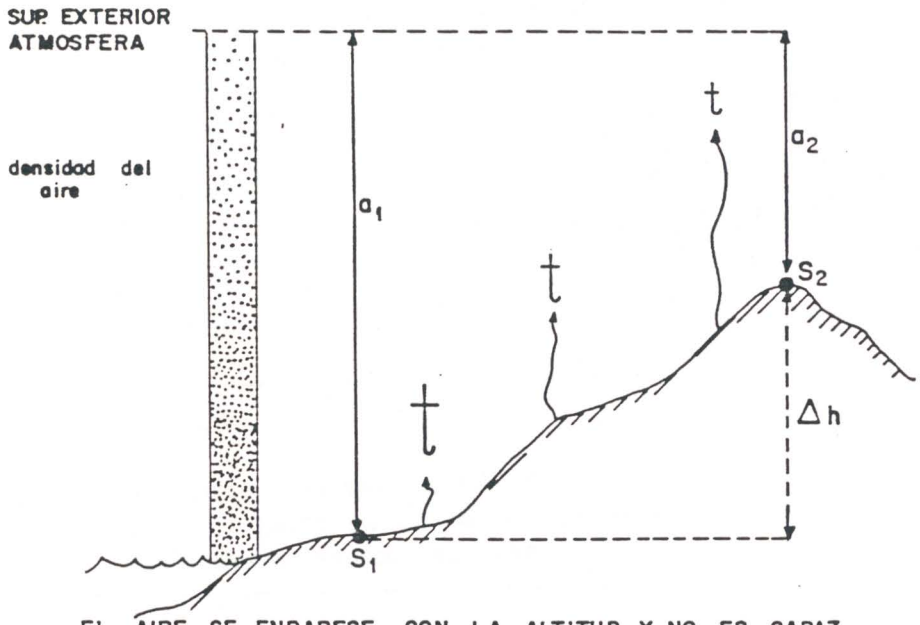
Por otra parte, **el enfriamiento de la atmósfera depende de su contenido de humedad**, que opera en forma análoga al proceso diferencial entre tipos de superficies, es decir, en ausencia de humedad, el enfriamiento es rápido y en presencia de humedad, ésta cumple un rol de almacenamiento aéreo temporal similar al de los cuerpos de agua superficiales, retardando el enfriamiento de la atmósfera.

PROCESOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO ATMOSFERICO



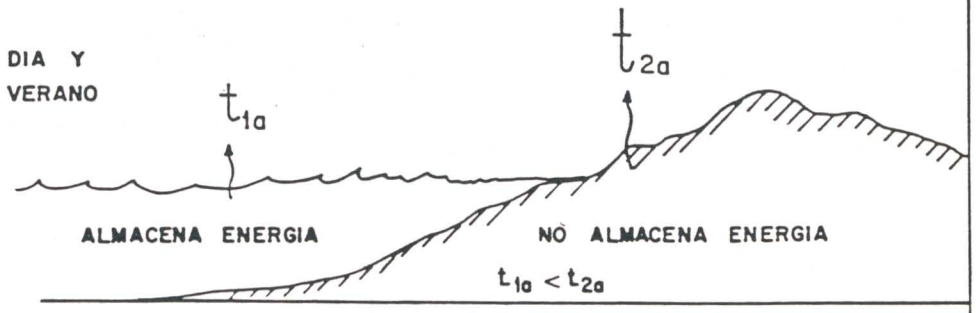
PROCESOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO ATMOSFERICO

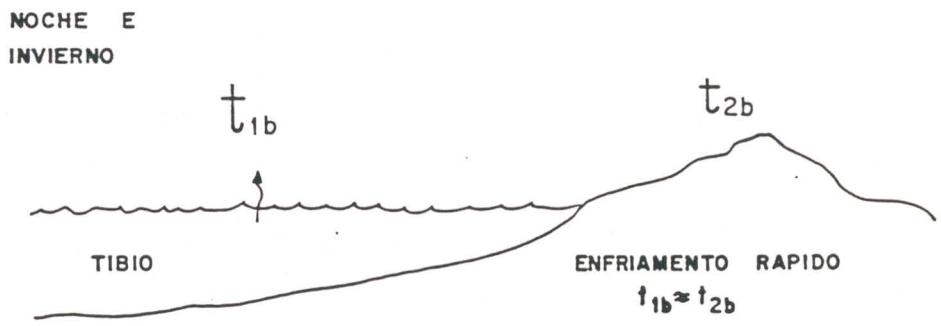
③ EFECTO DE ALTITUD



EL AIRE SE ENRARECE CON LA ALTITUD Y NO ES CAPAZ DE INTERCEPTAR EL CALOR DEL SUELO ⟶ PERDIDA DE CALOR Y AIRE FRIO

④ EFECTO DE CERCANIA AL MAR





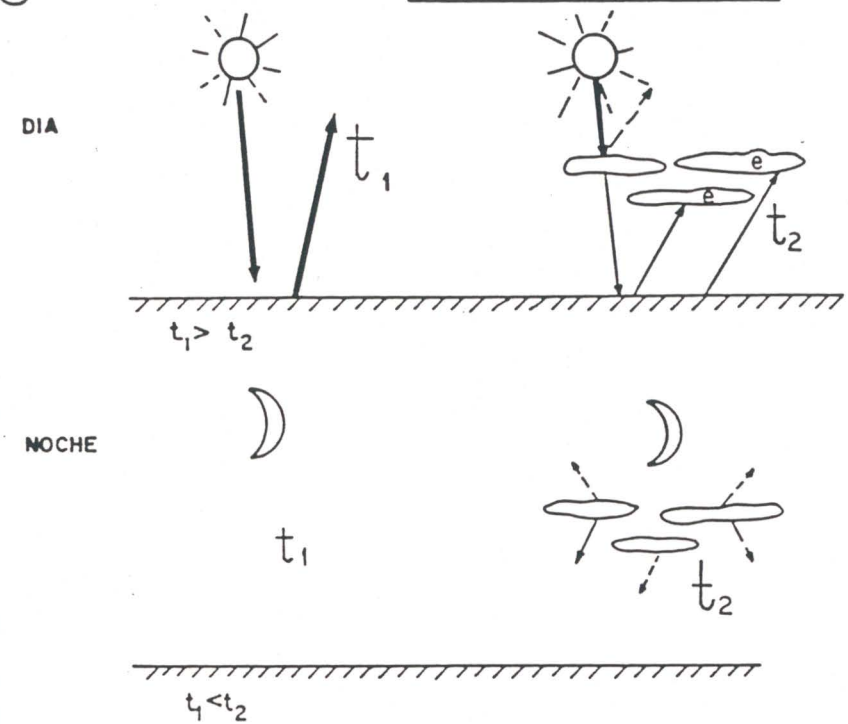
LA TEMPERATURA CERCA DEL MAR VARIA POCO ENTRE DIA-NOCHE Y VERANO-INVIERNO

$t_{1a} \approx t_{1b}$ y $t_{2a} > t_{2b}$

PROCESOS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO ATMOSFERICO

5

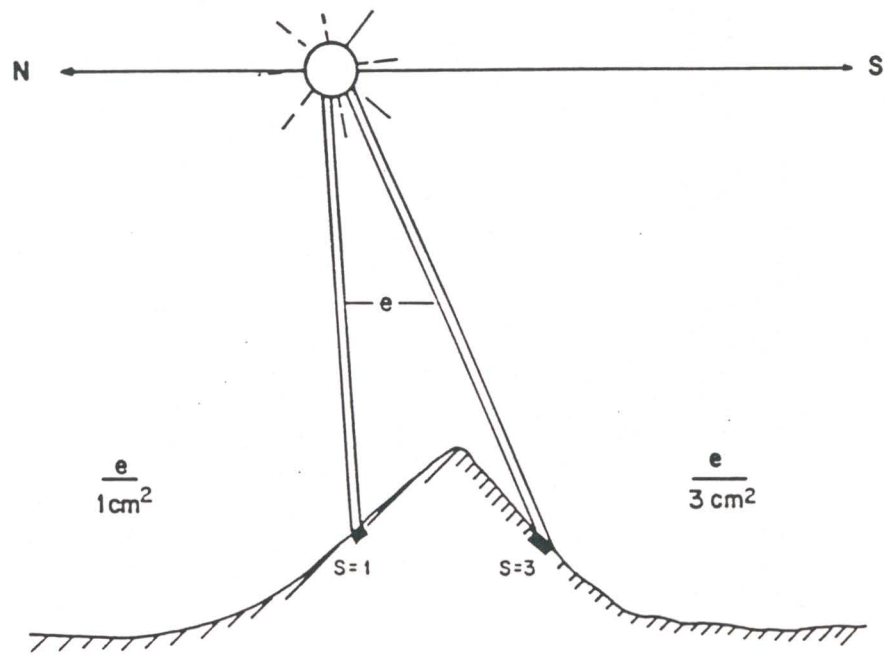
EFECTO DE NUBOSIDAD



LA NUBOSIDAD ALMACENA ENERGIA EN EL DIA Y LA EMITE EN LA NOCHE EVITANDO EL ENFRIAMENTO BRUSCO DEL AIRE

6

EFECTO DE EXPOSICION



A SIMILAR PENDIENTE DEL TERRENO, LA LADERA CON EXPOSICION AL NORTE RECIBE MAS ENERGIA / cm^2 QUE LA LADERA CON EXPOSICION AL SUR $\frac{e}{1} > \frac{e}{3}$

2 EL COMPORTAMIENTO DE LA ATMOSFERA COMO FACTOR EN LA EVOLUCION DEL PAISAJE

El comportamiento de la atmósfera y el paisaje

La revisión de los elementos y factores que intervienen en la creación de condiciones atmosféricas y de los procesos de calentamiento y enfriamiento de la atmósfera, nos permite comprender por qué es posible señalar que el comportamiento de la atmósfera es un factor en la evolución del paisaje: contribuye a redistribuir energía y humedad en el planeta.

Este hecho es esencial, si pensamos que de lo contrario los diferentes lugares de la Tierra en los cuales jamás llovería, otros estarían permanentemente helados, etc. Es fácil imaginar que en esas condiciones, el paisaje sería muy distinto a lo conocido. El comportamiento atmosférico aminora las diferencias entre lugares de la Tierra, a la vez que permite un rango de variación de condiciones y cambios graduales en las condiciones térmicas e hídricas.

La masa y la energía transportada en el aire, actúan sobre la superficie terrestre produciendo su desgaste (por golpeteo de gotas de lluvia, por escurrimiento), y colapso de materiales (por dilataciones y contracciones sucesivas). Esta acción evidentemente produce evolución de las formas del relieve que estarán en relación con la cantidad y persistencia de la masa y energía involucrada.

El paisaje terrestre se caracteriza por presentar gran complejidad y por estar constituido por un conjunto estructurado de componentes, que presentan relaciones definibles entre sí y que operan como sistema. El funcionamiento del paisaje está condicionado por las interrelaciones de los componentes y por la transferencia de masa y energía de una parte del planeta a otra, bajo la forma de flujos o de elementos móviles.

El paisaje puede definirse como un sistema de dimensiones planetarias (geosistema), y puede ser subdividido en subsistemas que presentan características que facilitan su identificación, delimitación y caracterización en unidades de paisaje homogéneos, diferenciables de su entorno. Los subsistemas analíticos del paisaje son:

- **litósfera** o corteza terrestre con relieve superficial
- **la parte baja de la atmósfera** (29 primeros Km de altitud y particularmente los primeros 8 - 12 Km próximos a la superficie sobre océanos y continentes)
- **hidrósfera**, que incluye las aguas oceánicas y continentales

- **criósfera**, o partes de la litósfera e hidrósfera en conjunto, en que la temperatura ha permanecido bajo punto de congelación de las aguas por más de dos años
- **pedósfera**, formada por la delgada y discontinua cubierta de suelos sobre la superficie, como una interfase entre la atmósfera y la litósfera
- **biósfera**, que ocupa aquellas partes de la superficie donde las condiciones son adecuadas natural o artificialmente para sostener la vida
- **sociósfera**, o ambientes afectados por la sociedad humana y sus productos (incluyendo desechos)

Cuadro No.1: RELACIONES DE LA ATMOSFERA CON OTROS SUBSISTEMAS DEL PAISAJE

	RELACIONES CON LA ATMOSFERA
LITOSFERA	- evolución del relieve: roce de partículas con el viento, aporte térmico e hídrico a procesos de intemperización y modelado - transmisión rápida de energía calórica superficie-atmósfera
HIDROSFERA	- equilibrio hídrico del planeta, mediante participación en el ciclo aéreo de agua (evaporación, transporte y condensación aérea, precipitación) - transmisión lenta de energía calórica agua-atmósfera
CRIOSFERA	- alimentación y retroceso de hielos, mediante la precipitación y los cambios de temperatura por sobre y bajo el nivel de fusión
PEDOSFERA	- formación de suelos, mediante la creación de condiciones térmicas e hídricas diferencialmente aptas para la evolución del material de roca parental y material orgánico - lavado de suelos, mediante la precipitación, particularmente si es de carácter torrencial
BIOSFERA	- protección de la vida de radiaciones nocivas - intercambio de gases - aporte energía lumínica - aporte térmico e hídrico
SOCIOSFERA	- recurso natural (térmico, hídrico, energético) - potenciador de uso de otros recursos (suelos, belleza escénica, flora y fauna, etc.) - soporte para desplazamiento aéreo (ondas de sonido, medios de transporte aéreo) - receptáculo de desechos aéreos naturales y humanos con tiempo de relajación diferencial, que puede verse superada cuando los desechos son mayores que su capacidad de disiparlos.

El comportamiento de la atmósfera y la variedad de paisajes del territorio nacional

En primer lugar, conviene entonces establecer la posición relativa que tiene el país respecto a los factores que afectan las cantidades de energía recibida y respecto a los factores que condicionan su repartición y efecto tanto en la temperatura coomo en la humedad. Consideremos que Chile continental se encuentra:

- en el hemisferio sur, aproximadamente **entre los 17,5 y los 56 grados S.** Esto significa que desde el punto de vista de energía que ingresa al planeta y su manifestación térmica, el territorio continental se desarrolla en tres zonas: **cálida, templada-cálida y templada-fría.**

- en el **borde occidental del continente**, que implica que la circulación oceánica presente una **corriente fría que fluye de sur a norte** frente a las costas y que la circulación atmosférica presenta la influencia de **cuatro masas de aire interactuantes** que determinan la manifestación de las condiciones del tiempo atmosférico en el territorio (alta del Pacífico, alta Polar, baja sub-antártica y baja amazónica).
- en el **borde oriental del océano**, que resulta en la generación de **brisas costa - continente en sentido Oeste - Este**, que refuerzan la acción de determinadas masas de aire en determinados períodos de tiempo.

- posee un **gran cordón montañoso oriental** que lo recorre de norte a sur, salvo de Chiloé al sur, donde asume posición occidental; las alturas que sobrepasan los 6.000m en el extremo norte y con alrededor de 2.000m en el sur, ejercen un **frente de ascenso orográfico a los vientos del Oeste y un bloqueo a los vientos del Este**, forzando situaciones de condensación, precipitación y evaporación.

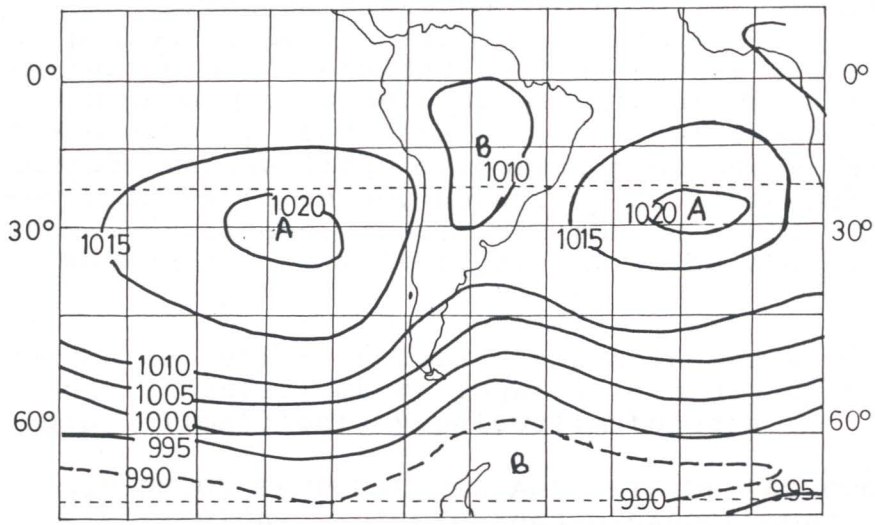
- posee un **cordón montañoso occidental** de menores altitudes desde el extremo norte hasta aproximadamente Chiloé, ofrece un **frente de ascenso orográfico a los vientos del Oeste.** Por su posición **antepuesta** al maciso oriental, genera una **sombra pluviométrica** y condiciones de **abrigo** respecto a los vientos del Oeste, en las posiciones interiores y en laderas andinas inferiores a su altitud.

Aún excluyendo las condiciones extrazonales o de carácter local de vegetación y composición de los aerosoles atmosféricos, de mayor variabilidad espacial, es posible formar un cuadro de la diversidad de condiciones de energía y los flujos de masa (humedad) y flujos energía (bajo forma de temperatura y calor latente en la humedad), que afectan a los demás subsistemas del territorio y que explican parte de la evolución diferencial y actual manifestación de variedad de paisajes. (Ver clasificación genética del clima).

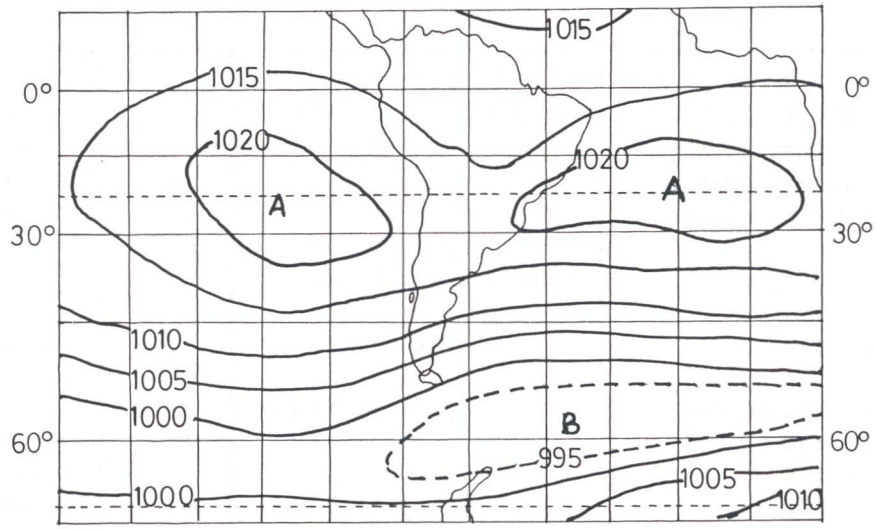
Si en segundo lugar incluyéramos las condiciones de vegetación, entonces lograríamos subdividir más la variedad de paisajes y si incluyéramos la composición de los aerosoles atmosféricos, podríamos definir y caracterizar paisajes con diferentes grados de contaminación y con diferentes posibilidades de ajuste natural o relajación del subsistema frente a la agresión contaminante.

ISOBARAS Y POSICIONES TIPICAS DE LAS MASAS DE AIRE

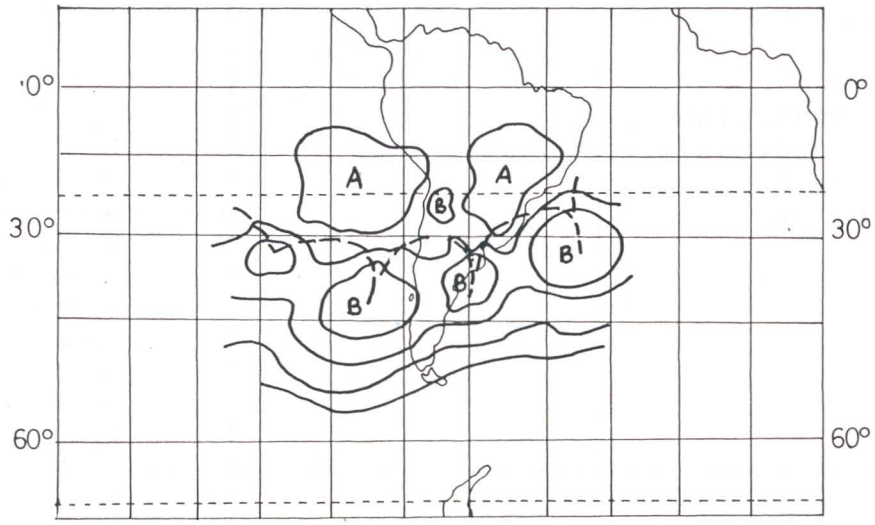
ENERO



JULIO



SITUACION FRONTAL



Fuente: CORFO (1965)

3 LOS PROCESOS ATMOSFERICOS Y LA DIMENSION DEL TIEMPO

Hasta ahora se ha revisado ideas en torno a la atmósfera como subsistema del paisaje y de los elementos y factores que interactúan en la generación de diversidad de condiciones atmosféricas y de paisajes. Sin embargo, es necesario destacar que las interacciones de los elementos y factores de las condiciones atmosféricas poseen, además, variabilidad temporal, pudiendo medirse ésta en periodos muy cortos (minutos, horas, días,), en periodos un poco más prolongados (meses, años, decenas de años), y aún en periodos extremadamente largos (siglos, miles de años y millones de años).

Este simple hecho de definir escalas temporales para el análisis de las condiciones atmosféricas da lugar a tres grandes disciplinas: **meteorología, climatología y paleoclimatología.**

CUADRO No2: DIMENSION TEMPORAL DEL ANALISIS DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS - DISCIPLINAS DESARROLLADAS

PERIODO DE ANALISIS (DISCIPLINAS)	ELEMENTOS DEL TIEMPO Y CLIMA	FACTORES DEL TIEMPO Y CLIMA
condiciones en "tiempo real" horarios diarios (METEOROLOGIA SINOPTICA)	- radiación solar - temperatura - presión y vientos - humedad y precipitación	- **cósmicos, zonales o latitudinales** . cte. solar . traslación . rotación . inclin. eje - **azonales o longitudinales** . masas agua . ubic. cont. . corrientes . masas aire . circ. atm. - **extrazonales o locales** . vegetación . aerosoles
condiciones medias "tiempo atrasado" diarias estacionales anuales interanuales (CLIMATOLOGIA)		
condiciones medias "tiempo pretérito" milenios millones años (PALEOCLIMATOLOGIA)		

Con estos antecedentes podemos definir a la **meterología** como el estudio de las condiciones físicas de la atmósfera en sus variaciones espaciales en tiempo instantáneo o real, considerando los elementos y factores que interactúan en su evolución. En tanto que la **climatología** se define como el estudio de las condiciones físicas de la atmósfera en sus condiciones medias de determinados periodos (día-noche, meses, estaciones, año, años). El concepto de condiciones medias implica que para definir lo que ocurre en un determinado periodo diario, mensual, estacional, anual, etc., en un lugar, se debe considerar información de una gran cantidad de años de observación de dicho periodo, por lo tanto, se trabaja con información acumulada o en tiempo atrasado. Por su parte, la **paleoclimatología**, trata de reconstituir las condiciones medias del clima en tiempos muy pretéritos, mediante sus "huellas" en el paisaje.

4 PROCESOS ATMOSFERICOS DE CORTO PLAZO

Instituciones Meteorológicas Sinópticas

En el país existe una cantidad importante de instituciones dedicadas al estudio de las condiciones meteorológicas, cada una con objetivos diversos más o menos definidos y delimitados. Las instituciones y sus funciones se caracterizan por surgir de las necesidades de la sociedad y su capacidad para resolverlas en forma organizada globalmente o por iniciativas parciales. Como ocurre con la mayoría de las actividades de servicio a la comunidad, las funciones atienden a problemas globales, tales como la comunicación, el abastecimiento de bienes y servicios básicos y de apoyo a la producción. Las instituciones y el avance de la meteorología no escapa a esto, por lo cual las principales instituciones se encuentran o dependen de instituciones dedicadas a estos rubros:

1) Dirección Meteorológica de Chile (D.M.C.), dependiente de la Dirección de Aeronáutica Civil de la Fuerza Aérea de Chile, está encargada por ley del acopio de información meteorológica de todas las estaciones del país, sean propias o de otras instituciones. Además:

- opera una amplia red de estaciones a lo largo del país, con el fin de establecer los análisis de condiciones atmosféricas (o sinópticas), realizar pronósticos del tiempo atmosférico.

- determina las condiciones de navegación aérea en el territorio nacional.

- centraliza información proveniente de las estaciones del país y genera bancos de datos para proveer información a los usuarios que la requieran, mediante consultas básicas en biblioteca y venta de información específica.

- desde hace unos pocos años, opera una red especial de meteorología en coordinación con el Ministerio de Agricultura, con fines de alerta agrícola en las regiones VI y VII. El análisis de la información generada permite entregar información relevante a la toma de decisiones de ejecución de labores agrícolas productivas y de prevención de riesgos, tales como las alertas de precipitación, alerta de condiciones que favorecen aparición de plagas, alerta de heladas y alerta de condiciones favorecedoras de incendios forestales.

2) Armada de Chile, posee una red de estaciones propia y que opera con fines de predicción de condiciones atmosféricas y de superficie oceánica para alertar la navegación marina.

Otras instituciones poseen y operan estaciones que miden las condiciones atmosféricas, sin embargo, por la utilización que le dan a su información, no son entidades sinópticas, sino que acumulan información para análisis en tiempo retardado. Por este motivo, se ha preferido incluirlas entre las instituciones ligadas al estudio del clima. Estas instituciones son:

- Dirección General de Aguas
- Dirección de Riego
- Servicio de Obras Sanitarias
- Servicio Agrícola y Ganadero
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
- Universidades
- Particulares

Generación y Tratamiento de Información Meteorológica

La generación de información se fundamenta en la existencia y operación de estaciones con instrumental apropiado y en óptima calibración, con personal idóneo para realizar las observaciones y con rigurosa continuidad. Sin estas condicones, todo el esfuerzo resulta vano y de hecho una parte de la información colectada en las estaciones debe ser desechada en forma previa al análisis por no ofrecer confiabilidad o estar incompleta.

El instrumental de medición y tipo de estación depende de los objetivos que tiene la institución sostenedora. La distinción más evidente de tipos de estaciones se refiere al tiempo de transmisión y análisis de los datos generados, distinguiéndose las **estaciones sinópticas** de las **estaciones con carácter climático**. En este punto nos referiremos particularmente a las primeras.

Las estaciones sinópticas tienen como misión el apoyo a la emisión de pronósticos de las condiciones atmosféricas para la navegación aérea y marina, en particular, y para los usos varios del público en general que requiera tener referencias de temperatura, humedad, visibilidad esperada para las horas siguientes. Como las condiciones atmosféricas cambian cada segundo, el tiempo de generación y transmisión al centro de pronósticos debe ser inmediata. Obviamente, no es posible segundo a segundo, ni tendría asunto, pues no sería posible analizarla con los medios actuales. Por este motivo, las estaciones sinópticas trasmiten sus informes en forma horaria, cuando están equipadas con instrumental automático; de lo contrario, están establecidas horas específicas de colección y transmisión.
El medio de transmisión difiere de acuerdo al equipamiento y éste, de acuerdo a la importancia de la estación respecto del peso de su ubicación para el análisis y generación del pronóstico. Más aún, en unas cuantas estaciones seleccionadas en el país se envía un globo sonda que permite tomar información de las

condiciones de la atmósfera en alturas seleccionadas. En Chile hay cuatro: Antofagasta, Quintero, Pudahuel y Puerto Montt y en algunas se envía más de un globo sonda diario. Las estaciones de carácter sinóptico son alrededor de una veintena en el país. Las estaciones sinópticas realizan fundamentalmente mediciones de temperatura, presión, humedad y viento, sin perjuicio de otras.

Adicionalmente, Chile se encuentra conectado a un satélite que posee sensores de condiciones atmosféricas a distancia y transmite los datos a un computador ubicado en el **Centro de Pronósticos de la D.M.C.**, en el cual se puede decodificar la información en forma gráfica y numérica, además de grabarla, para apoyar el análisis de los meteorólogos, cuando éstos lo requieran.

Por otra parte, existe el **principio natural de teleconexión**, que señala que un cambio producido en un lugar, tarde o temprano se manifiesta en lugares alejados, con mayor o menor magnitud. Este hecho de la naturaleza ha llevado a concertar la atención en torno a fenómenos atmosféricos a nivel mundial y a establecer vínculos cotidianos de transmisión de la información respectiva.

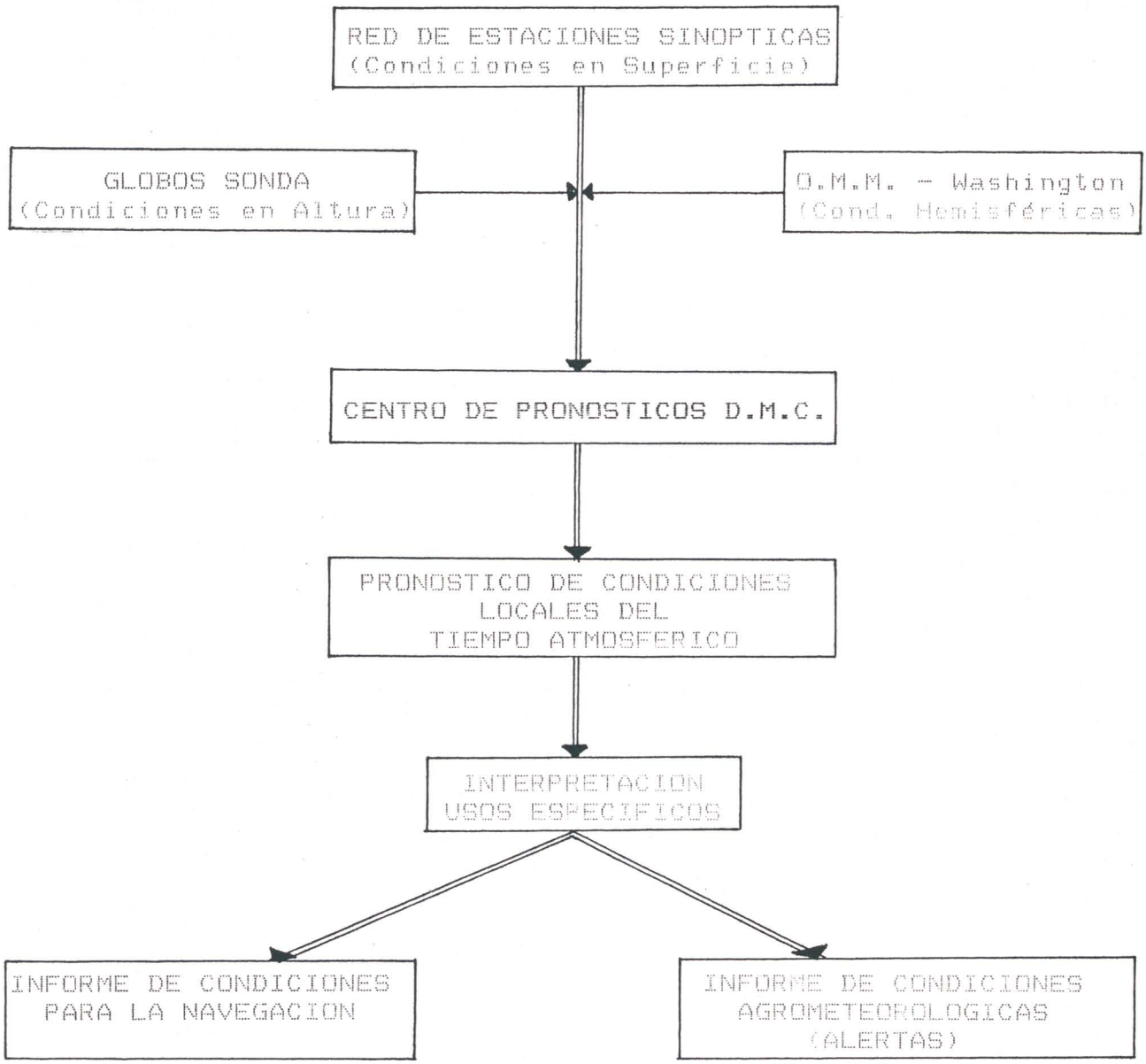
Es así como la **Organización Meteorológica Mundial** (O.M.M.), con sede en Ginebra, Suiza, dependiente de las Naciones Unidas, mantiene un Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), conformado por un sistema de observación y enlace de telecomunicaciones con cuatro satélites de órbita polar y cinco geoestacionarios, utilizados por los países miembros; alrededor de 10.000 estaciones terrestres de observación, 7.000 estaciones a bordo de buques y más de 3.000 boyas a la deriva o ancladas con estaciones meteorológicas automáticas. Enlaces de alta velocidad transmiten diariamente más de 15 millones de caracteres y 2.000 mapas meteorológicos a través de tres centros mundiales, 31 centros regionales y 149 centros nacionales.

A Chile la información llega desde el centro de Washington al **Centro de Pronósticos de la D.M.C.**, ubicada en el Aeropuerto A. Merino Benítez, mediante enlace satelital de computadores. La información que llega diariamente consiste en magnitudes de temperatura, presión y vientos que presenta la atmósfera a diversos niveles de presión altitudinal en toda el área del Pacífico Sur y Sudamérica. La información llega codificada para configurar archivos alfanuméricos y gráficos, de acuerdo a programas computacionales específicamente preparados para decodificar esta información. La información recibida en Santiago es confrontada con los datos obtenidos en el país en las estaciones y por los globos sonda, con lo cual se puede ajustar un pronóstico válido para las 8 horas siguientes y, con menor certeza, para 12, 24 y 36 horas siguientes.

Además del informe sinóptico general sobre el estado probable de condiciones atmosféricas para un determinado periodo próximo (horas), es posible emitir alertas de utilidad para la agricultu-

ra, las que pueden denominarse **condiciones agrometeorológicas**. Para esto, se considera el pronóstico de condiciones atmosféricas como insumo de información para modelos de análisis que señalan niveles de riesgo de ocurrencia de fenómenos tales como heladas, sequedad ambiental que aumente la probabilidad de incendios forestales, establecimiento de condiciones de temperatura y humedad apropiada para desencadenar plagas de insectos u hongos dañinos a la agricultura, y de viento o precipitaciones que pudieran perjudicar el manejo de fertilizantes, pesticidas, cosechas,etc. En estos casos se requiere de información adicional que permita interpretar las condiciones meteorológicas en función de aparición de fenómenos desencadenados por las condiciones atmosféricas en el tiempo real (análisis de corta duración).

GENERACION Y PROCESAMIENTO DE INFORMACION METEOROLOGICA



5 PROCESOS ATMOSFERICOS RECURRENTES EN EL TIEMPO Y EL ESPACIO

Cuando se estableció la diferencia entre meteorología y climatología se enfatizó en que el estudio de las condiciones medias de la atmósfera requieren del acopio de información de largos periodos de tiempo, sobre aquellos fenómenos que se repiten (recurren), en el tiempo en cada lugar. En este punto se presenta una reseña de las instituciones y el tratamiento de la información en los estudios climáticos, así como la utilidad de algunos resultados.

Instituciones Ligadas al Estudio del Clima

En este punto conviene distinguir entre aquellas instituciones que generan información climática básica y las que realizan estudios del clima. Las primeras son aquellas que poseen y operan estaciones que registran las condiciones atmosféricas, sea de uno o más elementos del clima y posteriormente los utilizan con fines propios. Las segundas no poseen ni operan estaciones, sino que recopilan información generada por otras instituciones con el fin de realizar estudios del clima de acuerdo a programas específicos de acción, en forma independiente o coordinada con otros organismos y con fines diversos.

Entre las instituciones que poseen y operan estaciones y luego analizan la información con fines propios se encuentran:

1) Dirección General de Aguas, (D.G.A), dependiente del Ministerio de Obras Públicas, opera una red de estaciones meteorológicas a lo largo del país con fines de determinación de las disponibilidades de agua, sea para fines de abastecimiento de agua potable como para riego y otros usos, a partir del estudio de las precipitaciones líquidas y sólidas, la acumulación de agua en los embalses. También mantiene un banco de datos con acceso a público y está obligada a enviar información a la D.M.C.

2) Servicio Nacional de Obras Sanitarias, (SENDOS), antiguamente Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.), dependiente del Ministerio de Obras Públicas, opera algunas estaciones meteorológicas con fienes de estimación de caudales en cursos de aguas, complementarias a las de la D.G.A. Debe enviar información a la D.M.C.

3) Dirección de Riego, (D.R.), dependiente del Ministerio de Obras Públicas, opera estaciones meteorológicas con fines de estimación de disponibilidad de agua para riego, complementarias a las de la D.G.A. Debe enviar información a la D.M.C.

4) Empresa Nacional de Electricidad, (ENDESA), antiguamente empresa CORFO, actualmente privada, opera una extensa red meteorológica a lo largo del país, fundamentalmente cordilleranas andinas y establecidas para realizar análisis de comportamiento de precipitación y caudales para estudios de construcción y operación de embalses con fines de producción de energía hidroeléctrica. Debe enviar información a la D.M.C., pero mantiene su propio banco de datos, con acceso a usuarios mediante venta de información.

5) Servicio Agrícola y Ganadero, (S.A.G.), posee algunas estaciones del tipo agroclimática en sus estaciones experimentales. En ellas observa condiciones térmicas del suelo, además de las observaciones atmosféricas. También debe enviar información a la D.M.C.

6) Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (INIA), posee algunas estaciones en sus campos experimentales, también de tipo agroclimático y también debe enviar información a la D.M.C.

7) Otras, tales como algunas Universidades, empresas mineras y particulares.

Entre las instituciones que no poseen estaciones y que acopian información de otras instituciones para realizar sus estudios se encuentran:

8) Universidades en general, las cuales realizan estudios climáticos de diversa índole y finalidad.

9) CIREN-CORFO, que acopia información del mayor número posible de estaciones y la procesa para establecer clasificaciones con fines de determinación y evaluación del potencial del recurso clima. Normalmente trabaja a escala regional y actualmente cuenta con una cobertura de clasificación agroclimática desde la IV a la X Regiones y con evaluación de potencial desde la V a la VIII Regiones.

Durante 1992 está realizando la extensión de la clasificación hacia la III Región y en los próximos años espera completar tanto la clasificación como la evaluación del potencial agroclimático, para un número importante de especies vegetales.

Además, en coordinación con la Universidad de Chile y el apoyo de productores y exportadores, espera desarrollar un estudio de metodologías de pronóstico de cosecha de algunas especies frutales. Este proyecto incursiona en el ámbito de un uso de información climática muy próxima al "tiempo real" de la agrometeorología, pero siempre mantiene el carácter

climático de sus estudios, es decir, en forma posterior a la ocurrencia de los fenómenos atmosféricos, pero previa al fenómeno objetivo: la cosecha.

Generación y Tratamiento de Información Climática

Las estaciones de carácter climático tienen como misión el apoyo de análisis de condiciones atmosféricas medias y por lo tanto su forma de transmisión de datos no posee la premura de las sinópticas y generalmente se acopia y transmite en hojas mensuales. Las mediciones que realizan las estaciones climáticas difieren según la función que posean. Las más simples son las **pluviométricas**, que sólo miden precipitación; las hay **termo-pluviométricas**, que miden temperaturas máximas, mínimas y precipitación; las más completas desde el punto de vista atmosférico se denominan **climáticas** y miden temperatura, presión, viento, humedad relativa y radiación y establecen apreciaciones del estado general del tiempo (nubosidad, niebla, llovizna, rocío, heladas, etc).

Además, hay estaciones que miden especialmente la precipitación sólida, pudiendo ser de dos tipos: **nivométricas y rutas de nieve**. Las rutas de nieve, además de medir la altura de la nieve caída, permiten conocer las variaciones de la acumulación de nieve y estimar las reservas de agua y las crecidas de los escurrimientos.

Fimalmente y siempre dentro de las estaciones con carácter climático, se encuentran las **agroclimáticas**, que incorporan mediciones de evaporación, recorrido de viento y observaciones relativas a las condiciones térmicas del suelo.

Con la información acumulada, es posible llegar a definir condiciones climáticas medias que sirven de parámetros de caracterización del **recurso clima**. La información que generan puede ser analizada con gran posterioridad y de hecho esto es necesario, pues se debe contar con información de muchos años para determinar las condiciones atmosféricas medias de un lugar.

Cuando a la caracterización del clima se ha incorporado parámetros agroclimáticos, es posible comparar los requerimientos de un cultivo con las condiciones del lugar, es decir, permite evaluar el potencial del recurso clima del lugar para establecer ese cultivo. Esta información es de gran relevancia para la toma de decisiones respecto a qué especies cultivar en un lugar o definir cuáles son las áreas que cuentan con condiciones climáticas apropiadas para un cultivo. En la actualidad, cuando se busca introducir nuevos y más rentables cultivos, especialmente en la fruticultura, esta información puede establecer la diferencia entre el éxito o el fracaso de una gestión productiva agrícola.

Es necesario señalar que para los fines de estudios climáticos, la información proveniente de las redes de estaciones no es suficiente para cubrir con eficiencia y confiabilidad toda la gama de condiciones climáticas que puede presentar un territorio, pues las modificaciones debidas a los factores relieve, altitud, vegetación y combinaciones de ellas son tan variables que obtener información de cada una de ellas sería inmensamente honeroso.

Existe un conjunto de técnicas estadísticas y métodos cartográficos apoyados en el relieve para suplir esta deficiencia de la información. Sin embargo, los avances técnicos permiten en la actualidad multiplicar el conocimiento generado por la información de las estaciones a partir de sensores remotos instalados en satélites artificiales. Esta tecnología permite obtener **imágenes**, por ejemplo, de la energía reflejada por la superficie terrestre en cada punto de la superficie "barrida" por el sensor de ondas de la banda térmica emitida por la superficie. A la imagen de las ondas se le puede asociar determinados valores de temperatura reflejada, obteniendo, de esta forma, una imagen del patrón espacial de repartición de la temperaturas en superficie. Esta tecnología sólo es utilizada como apoyo a la determinación de patrones espaciales, pues su alto costo no permite incorporarlos, por ahora, en forma constante a los estudios del clima.

Clasificaciones Genéticas del Clima

De acuerdo al Diccionario de Climatología de Peña y Schneider (Valparaíso, 1982), las clasificaciones climáticas se distinguen por el aprovechamiento que en ellas se hace de los factores o controles climáticos, es decir, de aquellos eventos o procesos que causan la diversidad climática. Su carácter explicativo es propio al rango científico de la climatología y su puesta en práctica exige un adecuado conocimiento de los mecanismos, principios y leyes físicas de los hechos climáticos. Las clasificaciones genéticas dan una visión amplia de la variedad de climas como **consecuencia de las interrelaciones geográfico - físicas y de los procesos atmosféricos** y deberían preceder a cualquier intento de reconocer los tipos climáticos desde un punto de vista puramente efectivo.

Una modalidad de clasificación y tipificación genética de los climas se fundamenta en el **análisis de los tipos de tiempo y/o masas de aire**, y por su carácter global en el que las distintas variables climáticas poseen evidente interconexión y organización estructural interna, puede servir de buena base para una climatología regional.

Siguiendo esta modalidad, Peña y Romero (1977), establecieron los siguientes tipos climáticos para el territorio nacional, cuya descripción exhaustiva se encuentra el Tomo II de la Colección de Geografía de Chile del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.):

- **Clima con dominancia del anticiclón templado**, de Arica a Caldera, diferenciando dos subtipo climáticos:

  - clima de margen costero
  - clima de desierto interior

- **Clima con influencia amazónica**, en el área altiplánica, hasta la latitud aproximada de 27 grados Sur.

- **Clima tropical con influencia del anticiclón templado**, presente en las islas oceánicas: Pascua, Archipiélago de Juan Fernández, Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio.

- **Clima con alternancia del anticiclón templado y del ciclón templado**, desde Caldera hasta Puerto Montt, diferenciando tres subáreas climáticas de norte a sur, de acuerdo a la atenuación de la influencia del anticiclón en favor del aumento de influencia del ciclón y su consiguiente aumento de precipitaciones:

  - clima de lluvias invernales
  - clima de periodo seco estival
  - clima de periodo seco corto en verano

- **Clima con dominancia ciclonal**, desde Puerto Montt a Punta Arenas, distinguiendo tres subáreas climáticas, también por comportamiento hídrico, ahora fundamentalmente producto del relieve:

  - clima de lluvias máximas en invierno
  - clima de margen occidental
  - clima de margen oriental

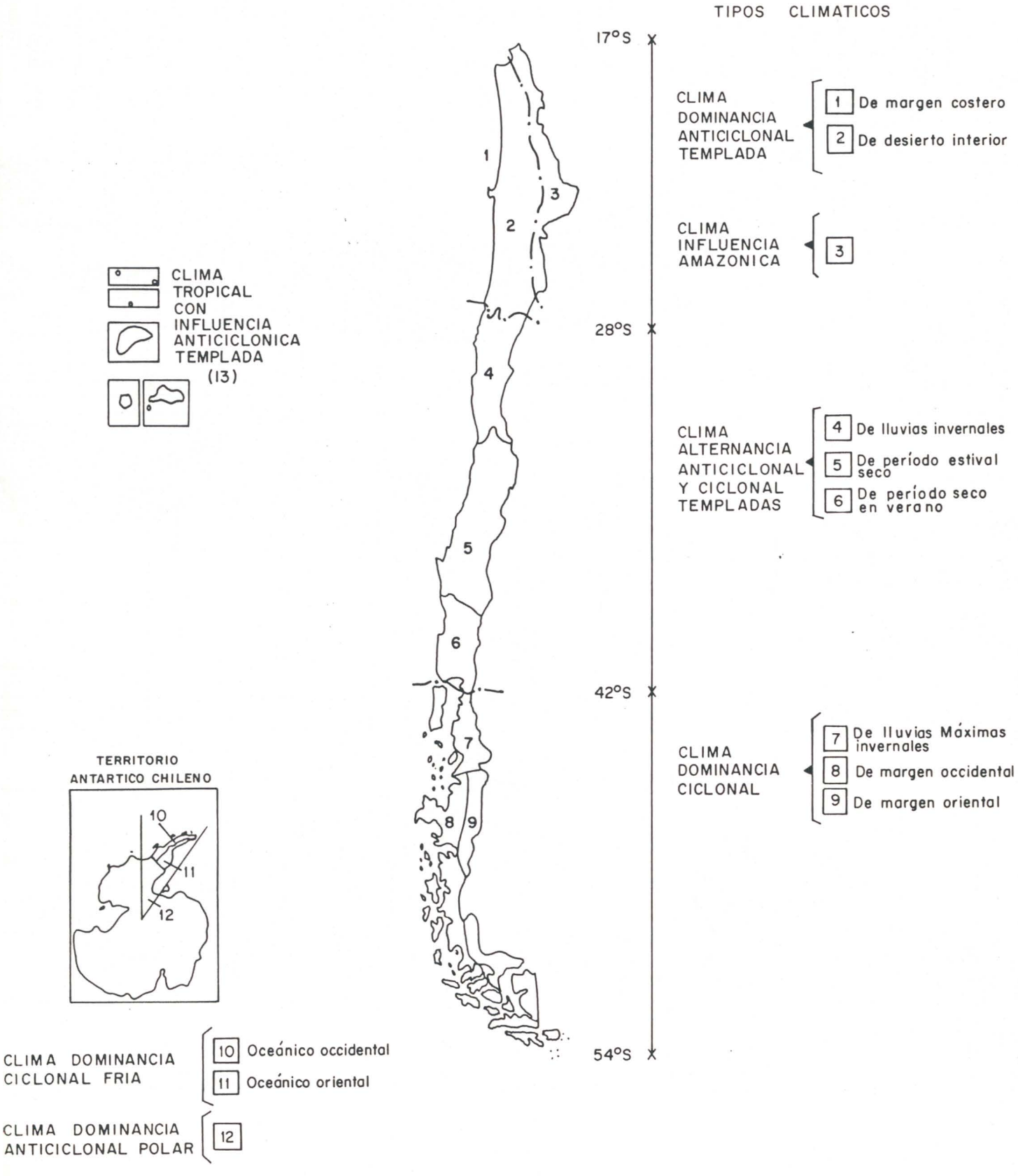
- **Clima con dominancia ciclonal fría**, al sur del Paso de Drake y en la Península Antártica, diferenciando dos subtipos climáticos, de acuerdo al efecto del relieve:

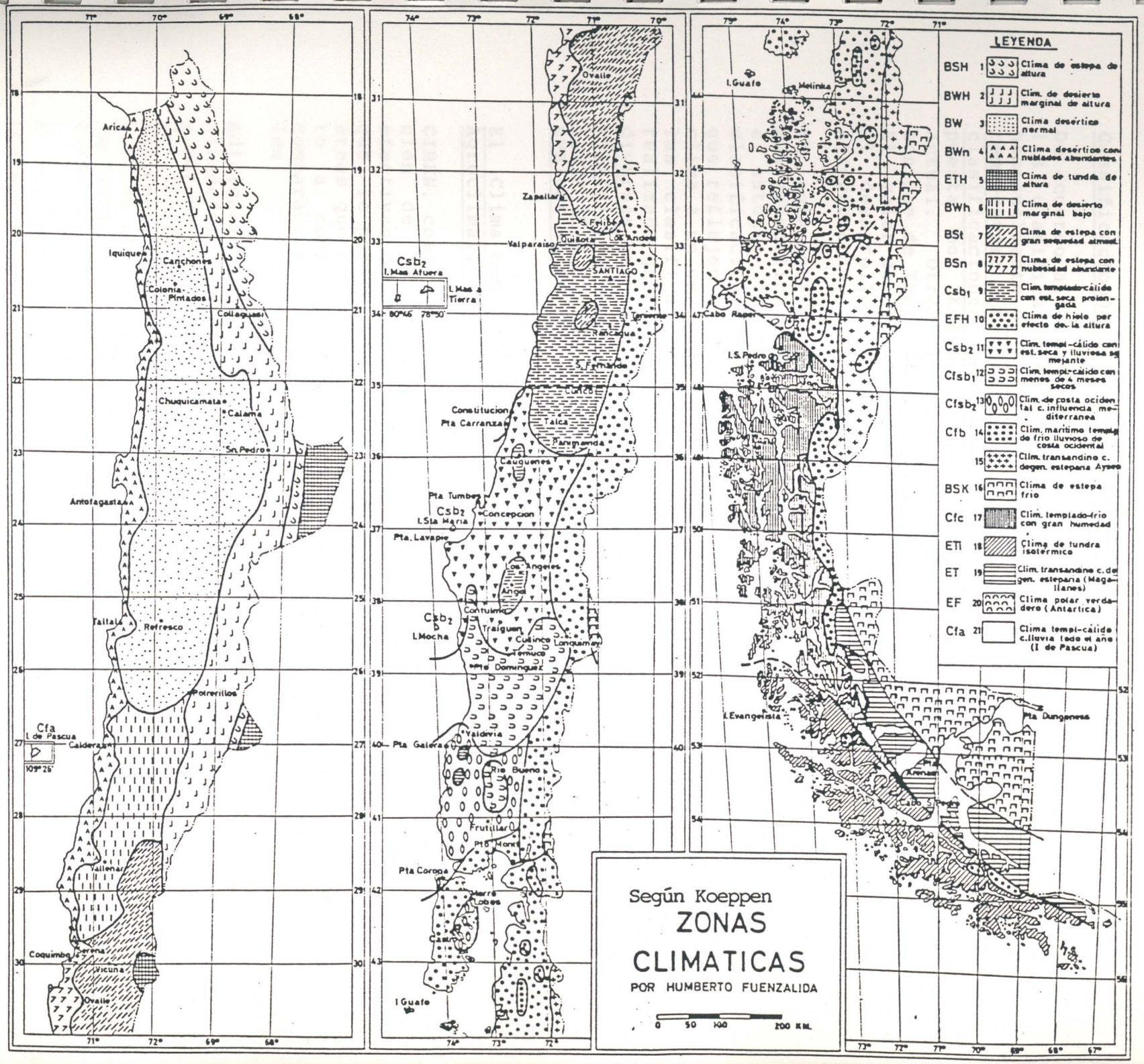
  - clima oceánico occidental
  - clima oceánico oriental

- **Clima con dominancia anticiclonal polar**, en el interior del continente antártico.

CLASIFICACION GENETICA DE LOS CLIMAS EN CHILE

(PEÑA Y ROMERO, 1977)





Fuente: CORFO, 1965.

Clasificaciones Efectivas del Clima

De acuerdo al diccionario de climatología señalado anteriormente, las clasificaciones **efectivas o aplicadas** del clima aprovechan habitualmente dos criterios principales: **el grado de aridez y la temperatura** y permiten alcanzar un mayor grado de detalle que las clasificaciones genéticas. La más conocida y usada es la propuesta por Koeppen, revisada y modificada hasta la versión actual. Otras clasificaciones efectivas más o menos conocidas son las de Thornwaite, de Bagnoulos y Gaussen y la de Papadakis. El valor de estas clasificaciones reside en el apoyo que prestan al desarrollo de variadas actividades, especialmente de tipo agropecuario.

En este ámbito, de acuerdo a la creciente demanda de información más específica y detallada, las instituciones nacionales ligadas al estudio del clima, han desarrollado diversas metodologías de clasificación espacial del clima que buscan incorporar parámetros que reflejen mejor las "ofertas" térmicas e hídricas del recurso clima a un uso específico, avanzándose particularmente en torno a las **clasificaciones agroclimáticas**. Con este objetivo, se ha realizado gran cantidad de estudios que revisan la relación de diversas expresiones de temperatura y humedad con el crecimiento vegetal en general y de especies seleccionadas en particular, llegando a determinar cuáles son más apropiadas para **clasificar y evaluar el potencial del clima**.

El Clima como Recurso Natural en la V Región: Clasificación Agroclimática (CIREN)

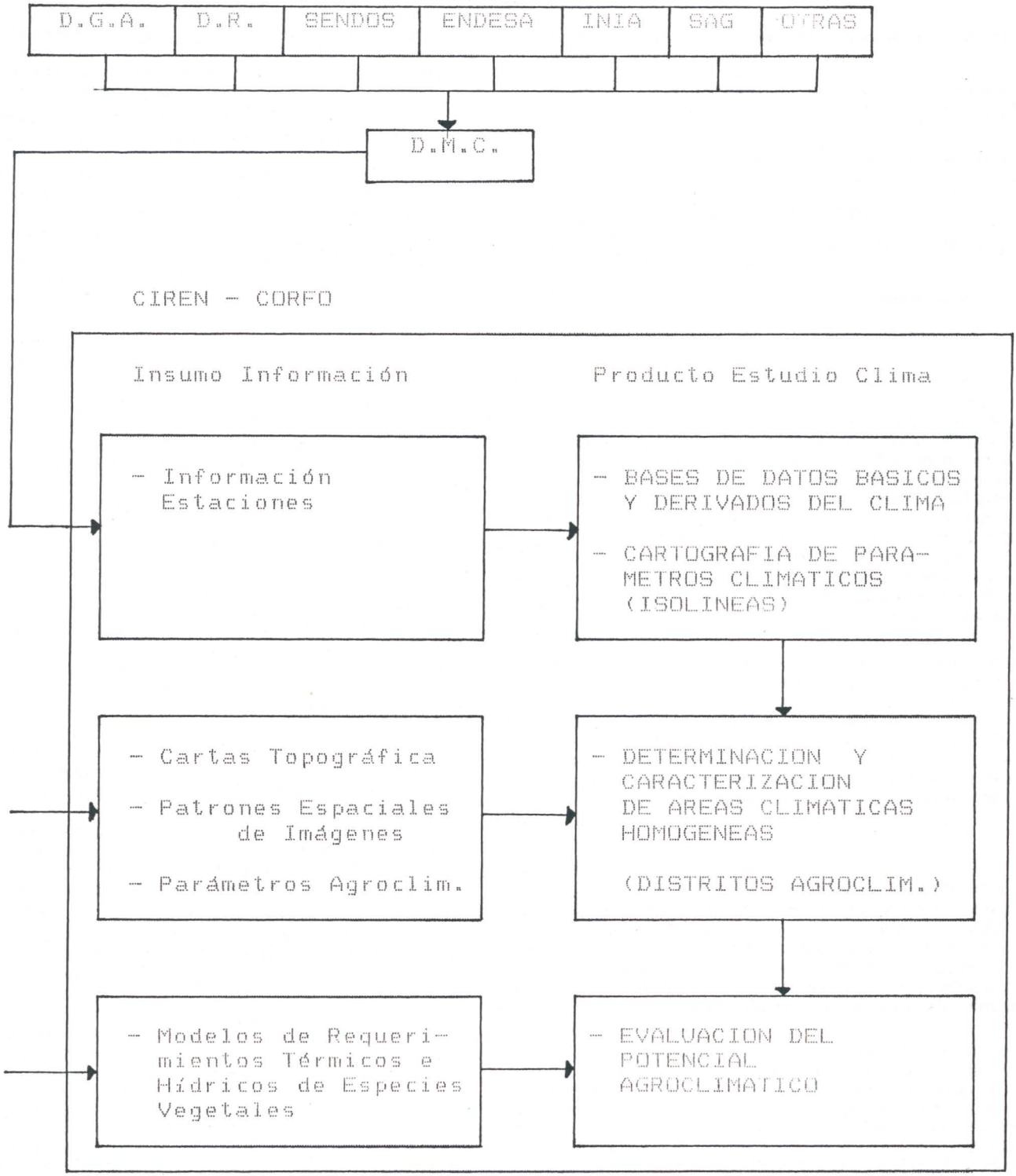
CIREN, como institución dedicada al estudio y manejo de información de los recursos naturales, ha efectuado clasificaciones efectivas del clima con fines agrícolas, mediante una metodología que le permite identificar **distritos agroclimáticos**, es decir, áreas que presentan condiciones aceptablemente homogéneas respecto a condiciones térmicas e hídricas expresadas en términos comparables con los requerimientos climáticos de especies vegetales.

Adicionalmente, partiendo de los requerimientos específicos de alrededor de 60 especies hortofrutícolas, se ha llegado a determinar un **puntaje agroclimático** para cada una de ellas en cada uno de los distritos agroclimáticos del área de la V a la VIII Regiones. Este puntaje expresa la adaptación potencial de un cultivo al clima distrital, con lo cual se puede estimar si la implantación de un determinado cultivo en un lugar tiene algún grado de opción de prosperar y producir los frutos deseados.

A continuación, se presenta la clasificación agroclimática realizada en la V Región y que se encuentra publicada en sus

aspectos fundamentales en el Atlas Agroclimático de Chile, V - VIII Regiones, CIREN, 1990.

PROCESAMIENTO DE INFORMACION CLIMATICA Y PRODUCTOS



PROLOGO

El Clima como Recurso Natural Renovable

La distribución heterogénea de condiciones climáticas en el planeta convierte al clima en un recurso natural. Natural puesto que en su gestación intervienen fuerzas de la naturaleza ajenas a la ingerencia del hombre. Recurso, pues la escasez areal que presenta determinado conjunto de condiciones climáticas en relación a la valoración de uso que le da el hombre, causa una presión de demanda por las áreas que lo ostentan.

Además, desde el punto de vista de su aprovechamiento el clima es un recurso natural renovable, en atención a que los elementos componentes y los fenómenos cósmicos afines presentan ciclos. Por ejemplo, las oscilaciones térmicas, definidas por la alternancia de temperaturas extremas que se repiten diariamente debido a las diferencias de flujo radiativo día-noche, o la recurrencia de períodos secos y lluviosos de carácter estacional.

Por otra parte, desde el punto de vista de la economía vegetal, al recurso clima es posible considerarlo compuesto fundamentalmente de los aspectos luz, calor y humedad.

La Evaluación Agrícola del Clima

Definido el clima de una localidad determinada por los patrones de comportamiento anual y estacional de un conjunto de variables que caracterizan el estado medio de la atmósfera inmediata a la superficie terrestre, su estudio implica el análisis de largas series estadísticas de observaciones meteorológicas confiables que permitan definir certeramente la marcha más frecuente de los eventos atmosféricos que caracterizan al clima. Sólo en estas condiciones es posible caracterizar el clima y establecer pronósticos relativos a la ocurrencia de un fenómeno, el cual siempre estará expresado como una probabilidad.

Sin embargo, ni la más precisa caracterización climática o el pronóstico de eventos mejor ajustado será de utilidad para la agricultura si se desconoce la relación existente entre las condiciones climáticas y los estados fenológicos de los cultivos. En efecto, la consecuencia que puede tener un evento atmosférico difiere según sea la fase de crecimiento en que se encuentre el cultivo, pudiendo ser favorable, inocuo o perjudicial; más aún, idéntica anotación es válida respecto de un cultivo a otro.

En consecuencia, la evaluación agrícola del clima debe considerar, necesariamente, el estudio del efecto de los elementos que lo componen sobre las diversas etapas fenológicas de los cultivos, a través del análisis de correlación entre observaciones paralelas de eventos meteorológicos y fases de crecimiento vegetal. De este tipo de análisis es posible inferir cuáles son los requerimientos energéticos e hídricos de los cultivos y determinar los umbrales críticos que favorecen o inhiben su crecimiento y productividad.

De lo anterior se desprende claramente que cuanto más se conozca acerca del clima de un territorio y de la relación existente entre condiciones climáticas y desarrollo de las especies, más racional y efectiva podrá ser la toma de decisiones en el agro.

La Agroclimatología

La agroclimatología estudia las condiciones climáticas que tienen importancia para la producción agrícola y su distribución en el tiempo y el espacio, considerando la influencia del relieve y la actitud del hombre. Su objetivo central es establecer leyes de correlación entre los fenómenos físicos y biológicos relevantes en el crecimiento y producción vegetal, para contribuir a una base teórica que pueda guiar hacia el mejor aprovechamiento de las condiciones climáticas favorables a la vez que mejorar la lucha contra los fenómenos y condiciones desfavorables, a fin de optimizar la relación condiciones de clima producción vegetal.

Las principales líneas de acción de la agroclimatología son :

- La elaboración de índices para la valoración de las condiciones climáticas.
- La zonificación de territorios para determinar la validez de las especializaciones agrícolas.
- El examen de las condiciones favorables y desfavorables del clima para diferentes cultivos de acuerdo a sus estados fenológicos.
- El estudio de la influencia de determinados elementos del clima en el crecimiento y productividad vegetal.
- La entrega de pronósticos agroclimáticos.
- El estudio de la introducción de nuevos cultivos y la especialización areal de cultivos.
- El estudio de la incorporación de nuevas áreas a cultivos.
- El estudio del clima en relación con la agrotecnia.

La Actividad de CIREN en la Zonificación Agroclimática

Dentro del amplio contexto de la agroclimatología y considerando que la directriz institucional apunta a la búsqueda, compilación, adecuación y difusión de información de recursos naturales, una de las líneas de estudio desarrolladas por CIREN, se refiere a la zonificación de las condiciones climáticas con relevancia para la agricultura presentes en el territorio nacional. Es así que, a través de la realización de estudios a nivel regional de zonificación, han sido construídas las cartas de distritos agroclimáticos, escala 1:250.000, del área comprendida entre las regiones IV y IX, lográndose la cobertura de una vasta e importante parte del territorio agrícola del país con una metodología similar, entregando información específica a mediana escala, para apoyar el análisis y la toma de decisiones en el ámbito agrícola.

Obviamente, el material generado que se publica corresponde a una primera generación en lo que a materia de estudios de zonificación agroclimática se refiere y, por lo tanto, el nivel de detalle de la información y su aptitud para el análisis agroclimático deja amplio margen a futuras investigaciones en esta materia. Se está particularmente consciente que la incorporación de estadística mensual de ciertos parámetros a nivel distrital sería de gran valor para el usuario, no obstante, su publicación excede las posibilidades de esta obra.

El Atlas Agroclimático

Con la publicación del Atlas Agroclimático de Chile, IV a IX Regiones se busca llenar un vacío en cuanto a cobertura y especificidad de información agroclimática a mediana escala se refiere. Por esta razón, junto a la cartografía se presentan los conceptos básicos asociados a la delimitación y caracterización de unidades agroclimáticas homogéneas, así como información estadística agroclimática seleccionada a nivel de distritos agroclimáticos.

A fin de posibilitar la ubicación de localidades de pequeño tamaño, cada región se encuentra subdividida en tres sectores diferenciados por color, los cuales son mostrados con mayor detalle en las láminas siguientes. Los subsectores diferenciados corresponden al Litoral y la Cordillera de la Costa, a los Valles Transversales y el Valle Central y a la Cordillera de Los Andes, hasta una altura máxima de 2.000 metros. La IV Región es presentada en detalles por provincias, Elqui, Limarí y Choapa, debido fundamentalmente a limitaciones de formato de las láminas.

INTRODUCCION

Distritos Agroclimáticos y Parámetros de Zonificación

El distrito agroclimático es un área con condiciones climáticas homogéneas desde el punto de vista de un conjunto de parámetros térmicos e hídricos que representan las condiciones climáticas medias del verano y del invierno con relevancia para el crecimiento y producción vegetal.

No obstante la homogeneidad climática asumida al área distrital, existen variaciones internas de cada uno de los parámetros y, asimismo, los límites entre distritos representan variaciones paulatinas sin discontinuidades. Por esto, los valores característicos del distrito, representan en realidad, un promedio de condiciones climáticas posibles de encontrar en el área delimitada y su interpretación debe ser tomada como referencia. Esto no impide afirmar que en todas las localidades dentro del distrito pueden prosperar determinadas especies con semejantes posibilidades de éxito y que otras encontrarán limitaciones que harán menos próspero su cultivo.

La metodología utilizada para realizar la zonificación agroclimática, se basa en el tratamiento cartográfico- cuantitativo de doce parámetros del clima considerados relevantes para el cultivo de vegetales. La potencialidad del clima para el desarrollo vegetal está determinada por la disponibilidad energética e hídrica del lugar.

La energía disponible, como potencial del clima, depende de la radiación solar incidente, la duración del día y las condiciones térmicas resultantes, siendo los parámetros más asequibles las diversas medidas de la temperatura del aire y sus derivados relativos a la acumulación de temperatura y de frío. A su vez, estos parámetros son fácilmente relacionables con los requerimientos de los cultivos debido a que se conoce su efecto diferencial en los diversos estados fenológicos de las plantas.

La disponibilidad hídrica como potencial del clima, es importante, por cuanto un déficit de agua puede limitar los rendimientos al no contarse con riego. El agua es el vehículo mediante el cual las plantas captan todos los nutrientes que requieren para su normal desarrollo. A partir de la determinación de la disponibilidad y del déficit hídrico, se puede entonces determinar la cantidad de agua a suplementar mediante riego, de acuerdo a la demanda específica de cada cultivo.

El clima se define por la recurrencia de las estaciones del año, las cuales poseen marcadas diferencias en nuestro país. Este hecho condiciona que la zonificación agroclimática considere y deje constancia respecto a la duración, efecto acumulado y valores extremos de las condiciones térmicas e hídricas, al menos de las estaciones opuestas extremas, verano e invierno. Por otra parte, tenemos que un mismo evento meteorológico puede resultar benéfico, inocuo o perjudicial al cultivo, según sea el momento del ciclo vegetal en que ocurra, por lo tanto, la zonificación y caracterización agroclimática debe remitirse a determinados períodos que sean comunes y comparables al período de vida vegetal, y no tan solo a ciclos de carácter astronómico.

En la zonificación agroclimática que se presenta, estos períodos especiales obedecen a una generalización que permite identificar una extensión de tiempo compatible con el ciclo vegetativo de una gran cantidad de cultivos; esto, sin embargo, limita la posibilidad de análisis para casos particulares. Respecto a las condiciones térmicas, se ha elegido un período de interés especial para la acumulación de temperatura de septiembre a febrero, lapso de tiempo en el cual se verifica el ciclo vegetativo de la gran mayoría de los cultivos de primavera- verano; adicionalmente se considera el período cálido octubre- marzo, el período frío junio-agosto y, como meses extremos más cálidos y más fríos, a enero y julio respectivamente. En cuanto a las condiciones hídricas, se ha definido dos períodos opuestos de acuerdo con la pérdida de agua relacionada con la mayor o menor cantidad de calor y consiguiente evapotranspiración, los cuales se denominan como los tres meses más cálidos o de verano (diciembre-febrero) y los tres meses más fríos o de invierno (junio a agosto).

La zonificación agroclimática utiliza doce parámetros con los cuales se discrimina el territorio dando lugar a la delimitación de los distritos agroclimáticos. De acuerdo a los valores que asume el conjunto de parámetros en el área de estudio, se agrupan puntos y áreas en una misma categoría climática. La identificación de los límites entre categorías o distritos climáticos, es realizada mediante el apoyo de las cartas topográficas realzadas por rangos de altura, la carta geomorfológica, la interpretación visual de imágenes infrarrojo de satélite LANDSAT, que destacan particularmente la vegetación y diferencia entre áreas vegetales, y la verificacion en terreno.

Los doce parámetros de zonificación son :

a)Parámetros Térmicos de Verano

- duración del período libre de heladas
- suma térmica base 10° C (septiembre-febrero)
- temperatura máxima de enero

b) Parámetros Térmicos de Invierno

- duración del período de receso vegetativo
- horas de frío anuales
- temperatura mínima de julio

c) Parámetros Térmicos de Verano

- duración del período seco
- déficit hídrico (octubre-marzo)
- índice hídrico del verano (diciembre-febrero)

d) Parámetros Hídricos de Invierno

- duración del período húmedo
- excedente hídrico anual
- índice hídrico de invierno (junio-agosto)

Los distritos agroclimáticos resultantes son caracterizados mediante la determinación de los valores medios probables de encontrar y la representación gráfica de los 12 parámetros de zonificación en un código o fórmula agroclimática, la que no se incorpora en el Atlas por razones de tamaño de las láminas.

Por otra parte, el efecto que tiene la Cordillera de Los Andes en la generación de condiciones climáticas extremas, el aumento de la pendiente y rugosidad del terreno que crean limitaciones al desarrollo agrícola y la escasa disponibilidad de estadística climática del área cordillerana, recomiendan delimitar en altitud la cobertura de la zonificación agroclimática. Es así que la cartografía que se presenta cubre la cota de 2.000m de altitud entre las regiones IV y Metropolitana, para disminuir paulatinamente a 1.500m entre las regiones VI y VIII y a 1.000m de altitud en la IX región.

Parámetros Incorporados al Atlas e Interpretación Agroclimática

En el Atlas se presenta una selección de parámetros agroclimáticos que representan condiciones potenciales y restrictivas del clima, escogidos de acuerdo a los requerimientos de los cultivos más difundidos que relacionan los valores de variables del clima con las respuestas positivas o negativas de los vegetales durante su

ciclo de vida.

Desde el punto de vista térmico, debido a la gran variedad de especies cultivables y a la diversidad de rangos de sus requerimientos térmicos, las condiciones climáticas restrictivas y potenciales consideradas involucran parámetros de requerimientos prácticamente universales dentro del ámbito vegetal, como las temperaturas medias y extremas, la acumulación térmica, las horas de frío y las fechas de heladas. Se complementa la información con datos de humedad relativa media y valores extremos de radiación solar.

Desde el punto de vista hídrico, se considera la principal restricción, la magnitud del déficit hídrico en los meses de verano, presente en mayor o menor grado en toda el área de estudio; es complementada con la duración del período seco y el valor de evapotranspiración potencial acumulado en los meses de verano, a fin de permitir la evaluación de situaciones de condicionamiento de los cultivos a la presencia de riego.

Los parámetros agroclimáticos que se presenta son definidos como sigue :

PLH **Período Libre De Heladas**, lapso promedio de tiempo que transcurre entre la última helada del año y la primera de la temporada invernal siguiente, medido en número de días.

STV **Suma Térmica Septiembre-febrero**, acumulación de la excedencia de temperatura media diaria sobre los 10° C, que representa la disponibilidad efectiva de calor para el crecimiento vegetal, expresada en grados-día, según convención técnica sobre la materia.

TME **Temperatura Máxima Media de Enero**, valor promedio de las temperaturas máximas medias que se presentan en los meses de enero, en ° C.

TMV **Temperatura Media Octubre-marzo**, valor promedio de las temperaturas medias mensuales del período en ° C.

HRV **Humedad Relativa Media del Aire Octubre-marzo**, valor promedio de las humedades relativas medias mensuales del período, en %.

RSE **Radiación Solar de Enero**, valor promedio de la radiación solar incidente en el mes de enero, expresada en cal/cm2/día.

PH20 ,PH50,VH50, VH20 **Fechas de la Primera y Ultima Heladas**, estimación del día de ocurrencia de la primera y la última helada con probabilidades de 20 y 50% de excedencia.

PRV **Duración del Período de Receso Vegetativo**, número de meses en que la temperatura media es inferior a 10° C.

HFA **Horas de Frío Anuales**, número total de horas acumuladas durante el año en que la temperatura es menor a 7° C.

TMJ **Temperatura Mínima Media de Julio**, valor promedio de las temperaturas mínimas medias que se presentan en el mes de julio, en ° C.

TMI **Temperatura Media Junio-agosto**, valor promedio de las temperaturas medias mensuales del período, en ° C.

HRI **Humedad Relativa Media del Aire Junio-agosto**, valor promedio de las humedades relativas medias mensuales del período, en %.

RSJ **Radiación Solar de Julio**, valor promedio de la radiación solar incidente en el mes de julio, expresada en cal/cm2/día.

DPS **Duración del Período Seco**, número de meses en que las precipitaciones no alcanzan a equiparar el 50% de la pérdida de agua por evapotranspiración potencial.

DPH **Duración Periodica Húmedo**, número de meses en que la precipitación es igual o superior a la evapotranspiración potencial.

DHV **Déficit Hídrico Octubre-marzo**, acumulación del déficit de precipitación respecto a la evapotranspiración potencial durante el período, expresado en mm.

ETPV **Evapotranspiración Potencial Diciembre-febrero**, se define como el uso, consumo o evapotranspiración desde un cultivo bajo, verde, de crecimiento vigoroso (generalmente pasto), que cubre completamente la superficie del suelo y que se encuentra en óptimas condiciones de humedad del suelo, determinado para el período y expresado en mm.

De acuerdo a los requerimientos y limitantes de los cultivos, es posible definir una forma de interpretación de las condiciones climáticas de una localidad ubicada en un distrito agroclimático caracterizado por parámetros térmicos e hídricos, que permita evaluar la adaptación de determinada especies vegetal en forma primaria.

En el caso de los cultivos de primavera-verano, se considerarán fundamentalmente las condiciones térmicas del verano, y, en segunda instancia, según el nivel de exigencias del cultivo, las condiciones térmicas del invierno.

Los cultivos de invierno consultarán las condiciones térmicas de invierno, aunque en este caso, los parámetros anotados son fundamentalmente de carácter restrictivo.

Para los cultivos anuales y frutales deben revisarse todos los parámetros térmicos, es decir, los de verano e invierno.

Tanto para los cultivos de primavera-verano, como para los anuales y los frutales, es menester considerar las condiciones hídricas del verano, siendo necesario evaluar las demandas hídricas del cultivo para determinar la posibilidad de establecimiento en secano o la necesidad de suplir la deficiencia hídrica mediante la aplicación de riego. La condición de déficit hídrico estival está presente, en mayor o menor grado, en prácticamente toda el área entre la IV y IX regiones y acentuada particularmente en el área al norte del Aconcagua y en el Valle Central.

MACROZONAS TERMICAS E HIDRICAS

El área de Chile que abarca este Atlas corresponde al territorio comprendido desde la IV a la IX regiones, ubicado entre los 29° y 39° 30' de latitud sur entre el borde costero y la Cordillera de Los Andes.

Su ubicación latitudinal, en términos de la génesis y comportamiento del Clima, implica que el área se encuentra fundamentalmente bajo la influencia de la masa de aire de alta presión subtropical o anticiclón del Pacífico, localizado aproximadamente entre los 20° y 40° de latitud sur. El anticiclón se caracteriza por la subsidencia de aire fresco que no logra absorber abundante humedad del océano, por provocar el enfriamiento superficial que invierte el gradiente térmico vertical y por la generación de condiciones de gran estabilidad atmosférica y buen tiempo.

La acción de la alta del Pacífico se ve reforzada durante el verano, cuando el calentamiento continental causa una baja presión térmica superficial que provoca el aumento de flujo de aire fresco y con poca humedad desde el océano, que aminora la temperatura continental, particularmente la costera y, a la vez, mantiene condiciones de buen tiempo a lo largo de toda el área de estudio durante un período prolongado.

Al sur del anticiclón del Pacífico, aproximadamente en torno a los 42°-44° sur, se localiza una franja latitudinal de bajas presiones, hacia donde confluyen vientos provenientes del anticiclón subtropical y del anticiclón polar, dando lugar a una zona frontal donde se generan perturbaciones a la estabilidad de las condiciones atmosféricas dominantes.

Durante el invierno, el desplazamiento hacia el norte de todo el sistema de altas y bajas presiones hasta en aproximadamente10° de latitud, permite el arribo de situaciones frontales a latitudes menores, dando oportunidad a condiciones esporádicas de mal tiempo y aumento de la probabilidad de precipitación en el área comprendida entre las regiones IV y IX, siendo éstas más frecuentes e intensas en el área sur.

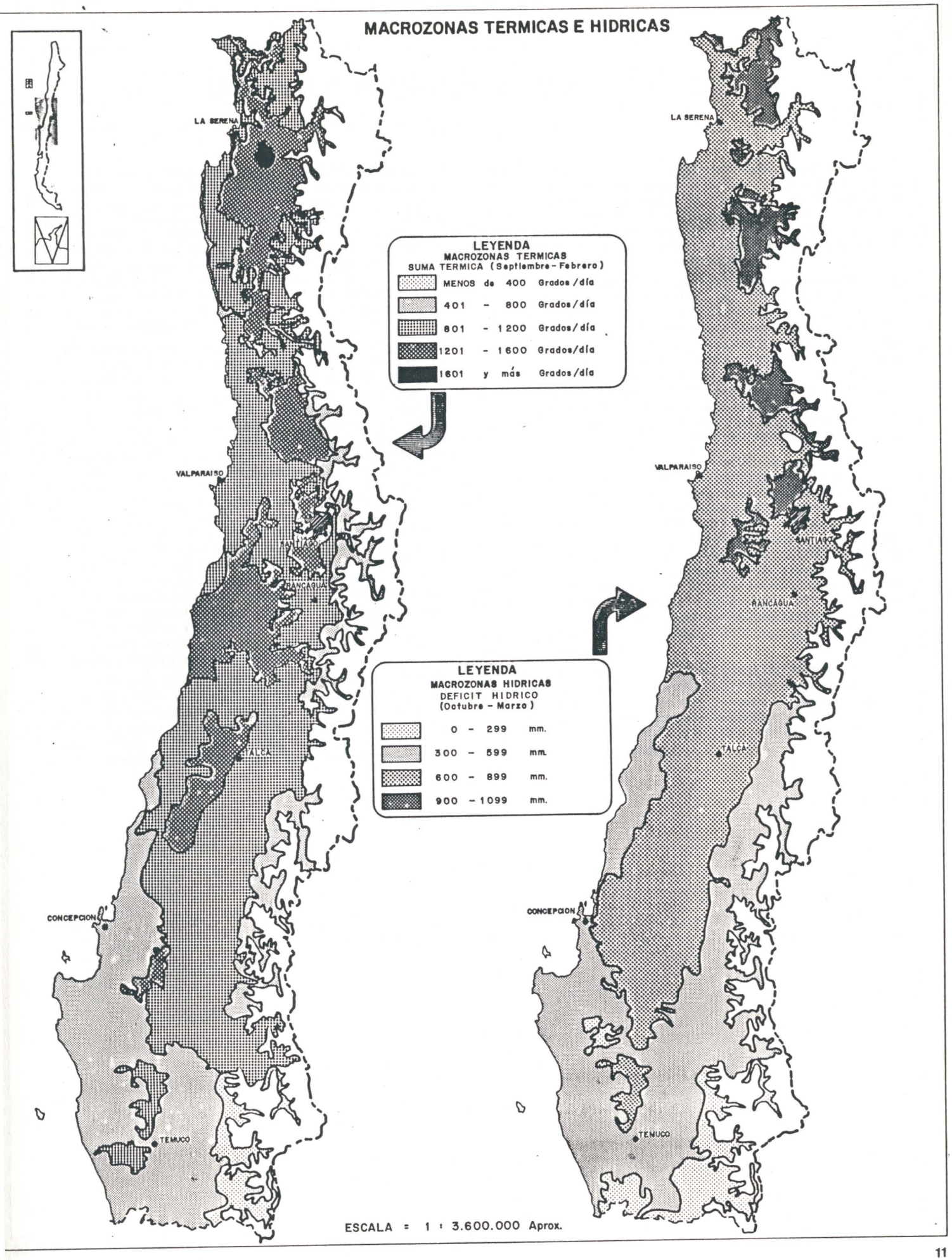
La diferencia de calentamiento océano-continente causa brisas que fluyen de mar a cordillera durante el día y desde la cordillera al valle por el atardecer. Las brisas de mar enfrían el aire y portan cierta cantidad de humedad atmosférica, mientras que las brisas que descienden la cordillera son comparativamente cálidas y secas particularmente cuando el aire es de origen transandino y ha sido forzado a ascender la Cordillera de Los Andes perdiendo humedad antes de comenzar su descenso por las laderas occidentales y causan aumento de la temperatura y de la evaporación. Por el contrario, cuando la brisa cordillerana se produce por enfriamiento local es fría y seca y causa descenso de la temperatura nocturna en el valle.

El alcance que puede tener el efecto moderador de las brisas marinas sobre la temperatura y aporte de humedad depende, entre otros, del gradiente térmico existente y de la facilidad de penetración o del bloqueo que encuentra a su paso hacia el continente. En este punto, la configuración topográfica del territorio juega un rol determinante en la variedad de condiciones climáticas resultantes. Igualmente, el aporte de calor de las brisas que descienden de la cordillera y su potencial de evaporación dependen, en buena medida, de la relación de diferencia de altura y de la canalización de los flujos de aire descendentes por la presencia de valles.

El relieve, en sí, es causante de diferenciación de condiciones climáticas, puesto que influye en los montos de radiación incidente sobre la superficie terrestre, tanto en lo relacionado con la altitud como en la exposición. Adicionalmente, el relieve es capaz de encauzar o bloquear flujos de aire, tanto fenómenos locales como extensivos. Desde el punto de vista local, influye en la circulación de la brisas océano-continente y cordillera-fondos de valle, así como en la creación de áreas de enclaustramiento. Desde el punto de vista extensivo, la Cordillera de Los Andes establece bloqueo a la influencia de masas de aire de la vertiente oriental del continente, que sólo traspasan la cordillera en el extremo norte forzadas por el efecto de fuertes gradientes de presión, y prolonga hacia el sur del territorio la dominancia del anticiclón del Pacífico al establecer un freno a su avance hacia el este que lo hace desviarse hacia el sur. La Cordillera de la Costa, menos continua y prominente, causa efectos debloqueo diferencial a lo largo del territorio, dando lugar a sombras pluviométricas en el Valle Central y aumentos de precipitación costera, o bien, permite la ventilación interior por la penetración, dispersa o canalizada, de las corrientes de aire, siendo particularmente importante el paso durante la ocurrencia de situaciones frontales.

La lámina de la página siguiente presenta los mapas de macrozonas térmicas e hídricas del área de estudio. El mapa de macrozonas térmicas agrupa áreas distritales por rangos de acumulación térmica base 10° C durante el período septiembre- marzo. De similar forma, el mapa de macrozonas hídricas agrupa áreas distritales por rangos de acumulación de déficit hídrico durante el período octubre-marzo. Esto obviamente le otorga a los mapas presentados un caracter referencial. Sin embargo, se puede apreciar en ellos las gradaciones latitudinales y longitudinales de los parámetros, producto del efecto combinado de los factores del clima.

MACROZONAS TERMICAS E HIDRICAS



DISTRITOS AGROCLIMATICOS V REGION

La región de Valparaíso se inicia aproximadamente a los 32°48'S y se extiende hacia el sur en forma asimétrica sobre la costa y el interior. Sobre el sector costero ocupa la planicie litoral hasta el río Rapel a 34°S y se interna sobre la vertiente occidental de la cordillera de la Costa hasta el río Maipo a aproximadamente 33°30'S. Por el interior está delimitada al sur por el cordón transversal de Chacabuco, situado un poco al norte de los 33°S. Su ubicación le confiere características de transición semiárida, dominada por el anticiclón del Pacífico y al igual que la región de Coquimbo, se ve afectada por perturbaciones frontales esporádicas de corta duración concentradas en el período marzo-agosto.

La topografía regional es más propicia que en la IV Región para actividades agrícolas, pues posee valles más amplios y una extensa planicie litoral escalonada. Los principales valles corresponden a los ríos Petorca, La Ligua, Aconcagua y al estero Casablanca. Los tres primeros se encuentran fuertemente delimitados entre sí por cordones transversales, pero cada uno de ellos posee valles afluentes de orientación norte-sur que se unen en el curso medio del valle principal, dando lugar a lóbulos con apariencia de valle longitudinal de modestas dimensiones y en el curso inferior, sus desembocaduras se confunden con la plataforma litoral. El estero Casablanca, en cambio, nace en la cordillera de la Costa, interrumpiendo el interfluvio Aconcagua-Maipo. En el extremo norte de la región, la cordillera de la Costa se interna hacia el oriente, se confunde con los cordones transversales y sus alturas obstaculizan parcialmente la ventilación de los valles Petorca y La Ligua en el curso medio. Al sur del río La Ligua, se manifiesta en dos alineamientos paralelos que permiten el desarrollo de cuencas y valles de orientación norte-sur prelitorales. El alienamiento oriental alcanza altitudes considerables que sobrepasan los 2.000m. La cordillera de Los Andes se eleva como un muro al oriente, con altitudes que aumentan de norte a sur desde algo menos de 4.000m hasta más de 6.000m.

De acuerdo a la influencia del relieve sobre las condiciones climáticas, es posible distinguir un subsector costero, expuesto directamente a los vientos del oeste, que se extiende ampliamente hacia el interior sobre la plataforma litoral en el norte y además asciende la cordillera de la Costa al sur del Aconcagua e incluye las depresiones y valles prelitorales. Hacia el oriente se encuentra el subsector valles transversales, que comprende los valles y cordones transversales y los valles afluentes de orientación norte-sur. Esta área se encuentra parcialmente protegida de la influencia moderadora del aire marino. El tercer subsector corresponde a la cordillera y considera un primer tramo de valles y laderas andinas hasta 2.000m. de altitud, en el cual la altura comienza a ejercer influencia notoria en las condiciones climáticas.

El clima de la región se caracteriza por las condiciones semiáridas transicionales en que se observa una mejoría leve en la recurrencia de las precipitaciones que, además de ser algo más regulares que en la IV Región, son también más abundantes. El período de lluvias continúa concentrado entre mayo y agosto; el déficit hídrico del período cálido octubre-marzo mantiene valores altos que fluctúan entre 400mm en el litoral y 600mm en los valles transversales; el período seco permanece en 8 meses en gran parte del territorio regional y sólo hacia la cordillera disminuye a 7, en tanto que el período húmedo aumenta en la costa a 3 y 4 meses, se mantiene en 2 los valles transversales y la cordillera de Los Andes.

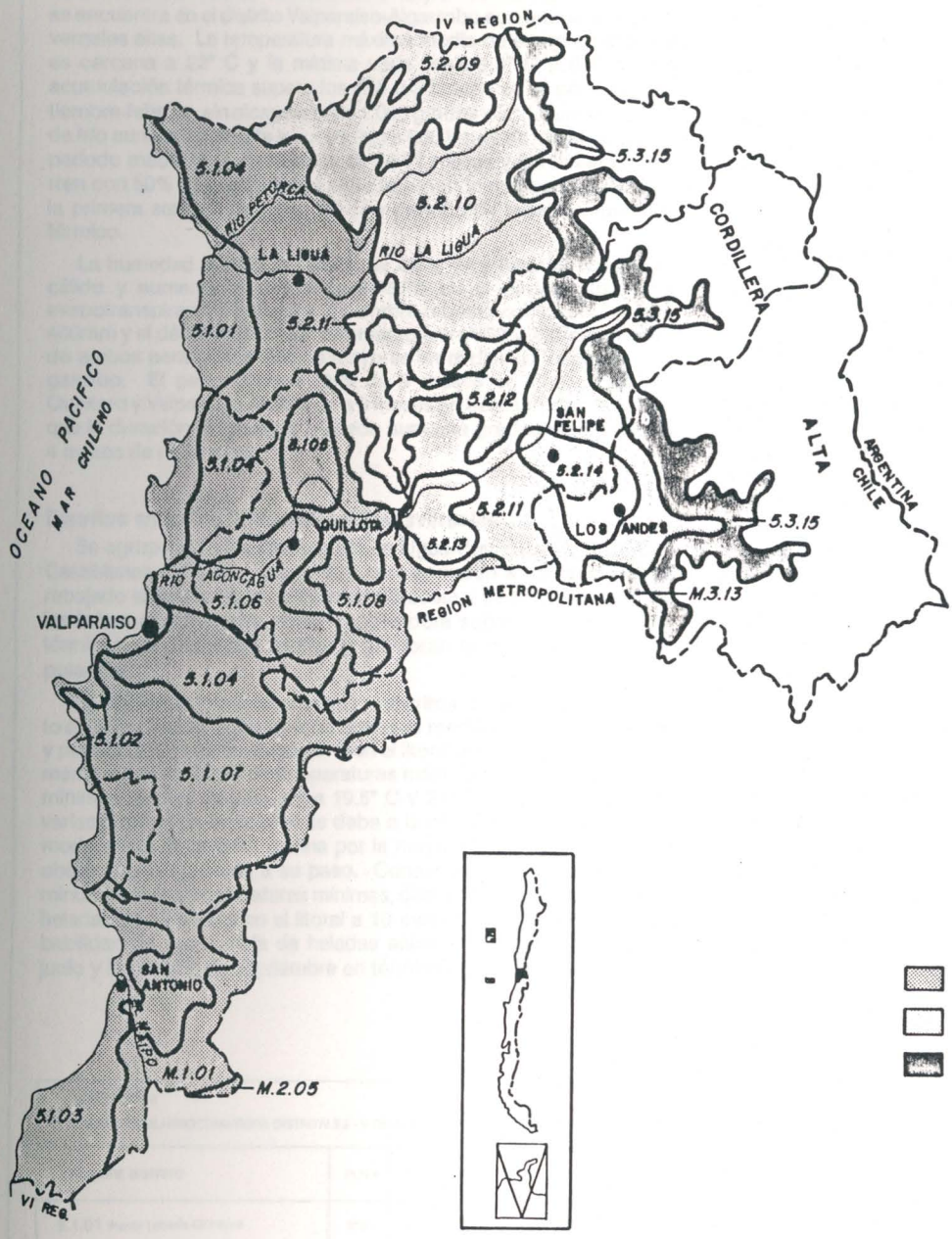
La radiación solar es, en general, menor que en la IV Región, producto de la latitud, pero comparativamente se eleva en el litoral, debido a la menor nubosidad costera. La diferencia de calentamiento entre el litoral y el interior se incrementa por efecto del mayor enclaustramiento del curso medio de los ríos provocado por una mejor delineación de la cordillera de la Costa que ejerce un bloqueo más efectivo de la influencia de la brisa marina hacia el interior. Las consecuencias se reflejan en la disminución de la diferencia entre la temperatura media del período cálido octubre-marzo y el período frío junio-agosto a 4,5° C en el litoral y su aumento a 8° C y más en el interior, a la vez que la diferencia entre la temperatura máxima de enero y la mínima de julio disminuye en la costa a 14° C y a 24° C promedio en el interior.

Toda la región está afecta a la ocurrencia de heladas; el período libre de heladas disminuye de norte a sur y de este a oeste. En la costa este período dura entre 11 y 9 meses, disminuyendo al ascender las laderas de la cordillera de la Costa; en el sector de valles transversales varía entre 10 y 6,5 meses y en el sector cordillerano andino alcanza a sólo 6 meses.

DISTRITOS AGROCLIMATICOS V REGION

CODIGO	NOMBRE DISTRITO
5.1.01	PUNTA LOBERIA-QUINTERO
5.1.02	VALPARAISO-ALGARROBO
5.1.03	SAN ANTONIO
5.1.04	RIO LA LIGUA-PUCHUNCAVI
5.1.05	LA CALERA
5.1.06	VALLE RIO ACONCAGUA-QUILLOTA
5.1.07	CASABLANCA-VALLE RIO MAIPO
5.1.08	CORDILLERA TIL-TIL-LAMPA
5.2.09	VALLE RIO PETORCA-ALTO CAREN
5.2.10	VALLE RIO PETORCA-CABILDO
5.2.11	VALLE RIO ACONCAGUA-LOS ANDES
5.2.12	CERRO CALVARIO
5.2.13	LLAYLLAY
5.2.14	SAN FELIPE
5.2.15	VALLE RIO SOBRANTE-VALLE RIO COLORADO
M.1.01	CERROS CORNECHE-EL SAUCE
M.2.05	CURACAVI-MELIPILLA-MALLARAUCO-EL MONTE
M.3.13	CORDILLERA SANTIAGO NORTE

FUENTE: CIREN - BASE DE DATOS CLIMA



SUBSECTOR LITORAL Y CORDILLERA DE LA COSTA

SUBSECTOR VALLES TRANSVERSALES

SUBSECTOR CORDILLERA DE LOS ANDES

LEYENDA

- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE REGIONAL
- LIMITE PROVINCIAL
- CAPITAL REGIONAL
- CAPITAL PROVINCIAL
- RIOS
- DISTRITO AGROCLIMATICO
- 5.1.01 CODIGO DISTRITO AGROCLIMATICO

ESCALA 1:1.100.000

DISTRITOS AGROCLIMATICOS V REGION
SUBSECTOR LITORAL Y CORDILLERA DE LA COSTA

Distritos Litorales

Los distritos litorales son, de norte a sur, Punta Lobería- Quintero, Valparaíso-Algarrobo y San Antonio y se encuentran sobre una franja de ancho variable que corresponde al nivel de la plataforma litoral.

La amplitud térmica invierno-verano, considerando las temperaturas medias del período frío junio-agosto y del período cálido octubre-marzo, varían entre 4° C y 5° C. La menor amplitud se encuentra en el distrito Valparaíso-Algarrobo con temperaturas invernales altas. La temperatura máxima media de enero en el litoral es cercana a 22° C y la mínima varía entre 5,3° C y 8,8° C. La acumulación térmica supera los 850 grados-día en el período septiembre-febrero, sin alcanzar a los 1.000 grados-día. La acumulación de frío aumenta de norte a sur de 300 a 600 horas de frío anuales. El período medio libre de heladas es de 11 meses y las heladas ocurren con 50% de probabilidad entre la segunda quincena de junio y la primera semana de julio. No hay período de receso vegetativo térmico.

La humedad relativa del aire varía entre 74 y 82% en el período cálido y aumenta al rango de 84-87% en el período frío. La evapotranspiración potencial diciembre-febrero oscila en torno a 400mm y el déficit hídrico octubre-marzo entre 650 y 750mm, teniendo ambos parámetros valores mayores en el distrito Valparaíso-Algarrobo. El período seco varía de 8 meses en Punta Lobería-Quintero y Valparaíso-Algarrobo a 6 meses en San Antonio, mientras que la duración del período húmedo aumenta gradualmente de 2 a 4 meses de norte a sur.

Distritos en Valles Prelitorales y Transversales

Se agrupa así a los distritos Río La Ligua-Puchuncaví, Quillota y Casablanca-Valle Río Malpo, que corresponden a valles que han rebajado el relieve de la cordillera de la costa y permiten el paso de las brisas costeras y su acción moderadora sobre las condiciones térmicas, de humedad relativa y aminoran la evapotranspiración potencial.

Se diferencia térmicamente de los distritos litorales por el aumento de la oscilación entre las tempertaturas medias del período cálido y período frío a valores desde 6° C en el litoral a 10,5° C aproximadamente y a variaciones de temperaturas máximas medias de enero y mínimas medias de julio entre 19,5° C y 21° C. Este aumento de variación térmica estacional se debe a la disminución de la acción moderadora de la brisa marina por la mayor distancia al mar y los obstáculos orográficos a su paso. Consecuentemente con la disminución de las temperaturas mínimas, disminuye el período libre de heladas de 11 meses en el litoral a 10 meses y existe 50% de probabilidad de excedencia de heladas entre la segunda semana de junio y la primera de septiembre en términos globales para el área.

El distrito menos afectado por las bajas temperaturas es Quillota, sin período de receso vegetativo y el más propenso al frío es Casablanca - Valle Río Malpo, en que hay receso vegetativo durante 2 meses. La acumulación de frío oscila entre 570 y 810 horas de frío anuales, mientras que la acumulación de temperatura varía levemente entre 1.000 y 1.100 grados-día entre septiembre y febrero.

La humedad relativa del aire disminuye respecto al litoral y en el período cálido alcanza entre 61 y 74%, mientras que en el período frío varía entre 76 y 81% entre los diversos distritos. La evapotranspiración potencial disminuye de norte a sur entre 490 y 440mm entre diciembre-febrero; el déficit hídrico octubre- marzo entre 850 y 770mm en el mismo sentido. El período seco es de 8 meses en Río La Ligua-Puchuncaví y en Quillota y de 6 meses en Casablanca-Río Malpo, en tanto que en el período húmedo es de 3 y 4 meses en los mismos distritos.

Distritos de la Cordillera de la Costa

Aquí se encuentra a dos distritos muy diferentes entre sí, La Calera, ubicado en un sector deprimido entre dos alineamientos de la cordillera de la Costa y el distrito Cordillera de Tiltil - Lampa, en lo alto de la cordillera costera.

El distrito La Calera se encuentra al abrigo de la brisa costera, lo cual redunda en disminución de la humedad relativa del aire de 74 a 70% en el período cálido y de 81 a 78% en el período frío respecto a la ladera occidental de la cordillera de la Costa a igual latitud representada por el distrito Río La Ligua- Puchuncaví. Junto a ello, aumenta la oscilación térmica entre las temperaturas medias del período octubre-marzo y el período junio-agosto de 5,9° C a 7,9° C y la diferencia entre la temperatura máxima media de enero y la mínima media de julio crece de 19,4° C a 23° C. Con ello se produce el aumento de la acumulación térmica septiembre-febrero, el aumento de la acumulación de frío, la disminución del período libre de heladas, el aumento del déficit hídrico octubre-marzo y la extensión en 1 mes del período seco.

En cambio, el distrito cordillera de Tiltil - Lampa, ubicado ladera arriba del distrito río La Ligua-Puchuncaví, se distingue por el descenso de la humedad relativa con el aumento de altitud y mayores gradientes térmicos diarios y estacionales. La diferencia entre las temperaturas medias de los períodos cálidos y frío aumenta de 5,9° C a 8,8° C, así como la diferencia entre la máxima media de enero y la mínima media de julio aumenta de 19,4° C a 24° C. La presencia de temperaturas más bajas permite la disminución del período libre de heladas desde 11 a 7 meses y la acumulación de frío se duplica y alcanza casi a 1.400 horas anuales, mientras que la presencia de temperaturas más altas en el período cálido da lugar a un leve aumento en la acumulación térmica. El déficit hídrico octubre-marzo es inferior en 100mm al que posee el distrito adyacente occidental.

CUADRO No.4

PARAMETROS AGROCLIMATICOS DISTRITALES - V REGION - SUBSECTOR LITORAL Y CORDILLERA DE LA COSTA

NOMBRE DISTRITO	PLH *	STV	TME	TMV	HRV	RSE	PH20	PH50	UH50	UH20	PRV	HFA	TMJ	TMF	HFR	RSJ	DPS	DHV	ETPV	DPH
5.1.01 Punta Lobería-Quintero	358	882	22.0	15.5	82	500	13/06	15/06	16/06	27/06	0	300	7.3	7.3	87	157	8	688	400	2
5.1.02 Valparaíso-Algarrobo	334	964	22.4	16.2	74	490	06/05	17/06	07/07	13/08	0	500	8.8	12.2	84	149	8	746	443	3
5.1.03 San Antonio	330	860	22.0	14.8	78	505	09/05	14/06	07/07	13/08	0	619	5.3	9.9	86	154	6	711	445	4
5.1.04 Río La Ligua-Puchuncaví	331	1071	24.6	17.1	74	630	02/05	08/06	20/06	20/07	0	570	5.2	11.2	81	170	6	851	492	3
5.1.05 La Calera	314	1199	26.0	18.9	70	425	21/05	01/07	20/07	23/09	1	879	5.0	10.0	78	181	9	783	462	3
5.1.06 Quillota	333	1107	25.8	18.0	69	604	16/05	20/07	05/08	13/08	0	640	5.0	11.1	82	166	8	783	460	3
5.1.07 Casablanca-Valle Río Malpo	292	1017	25.0	20.7	61	603	22/05	23/07	20/08	05/09	2	611	4.1	10.1	76	149	6	774	440	4
5.1.08 Cordillera Til-Til-Lampa	220	1119	26.0	16.5	55	610	15/04	01/06	01/09	01/10	3	1397	2.0	7.7	60	160	8	740	460	4
M.1.01 Cerros Corneche-El Sauce	280	1390	29.0	19.3	60	590	01/05	01/06	15/09	01/10	2	890	4.0	10.0	80	140	8	868	470	4

* *(ver significado de símbolos de parámetros en página 9)*

DISTRITOS AGROCLIMATICOS V REGION

SUBSECTOR CORDONES Y VALLES TRANSVERSALES

Distritos en Cordones Transversales

Los distritos ubicados en los cordones transversales son, de norte a sur, Valle Río Petorca - Alto Carén, que separa los valles de la IV y V Regiones y el distrito Cerro Calvario que separa al valle del río La Ligua del valle del río Aconcagua y se desarrollan aproximadamente entre 900m a 1.500m de altitud.

El distrito Valle Río Petorca - Alto Carén, más ligado a la cordillera andina ostenta temperaturas medias más bajas que el distrito Cerro Calvario, más alejado del cordón andino maestro. Las oscilaciones entre la máxima de enero y la mínima de julio son similares en ambos distritos, del orden de 24° C, pero las temperaturas extremas son dos grados inferiores en Valle río Petorca - Alto Carén. En este distrito el período libre de heladas no alcanza a 7 meses, la acumulación de frío anual suma 1.500 horas, durante 3 meses se produce receso vegetativo térmico y la acumulación de temperatura entre septiembre y febrero no alcanza a 950 grados-día. Cerro Calvario en cambio, posee un período libre de heladas de 10 meses, la acumulación de frío anual suma 1.157 horas, tiene igualmente 3 meses con receso vegetativo térmico y la acumulación de temperatura septiembre-febrero sobre 10° C supera levemente los 1.200 grados-día. Ambos distritos tienen 880 mm de déficit hídrico octubre-mazo, pero en Valle Río Petorca - Alto Carén el período seco dura sólo 5 meses en tanto que en Cerro Calvario el déficit se acumula más pausadamente y el período seco dura 8 meses.

Distritos en Valles Transversales

Los valles de los ríos Petorca y La Ligua se encuentran ambos en el distrito Valle Río Petorca - Cabildo, mientras que en el valle del río Aconcagua se distingue al distrito Valle Río Aconcagua - Los Andes y en el interior de él, a dos núcleos con características climáticas distintivas, los distritos Llay Llay y San Felipe.

La diferencia fundamental entre los distritos principales radica en la mejor comunicación relativa con la costa que tiene el distrito Valle Río Petorca - Cabildo a través de los dos valles, respecto al distrito Valle Río Aconcagua - Los Andes, que se encuentra bloqueado hacia el oeste, por una mejor delineada cordillera de la Costa. La menor influencia de brisas marinas en el valle del Aconcagua queda de manifiesto en la fuerte diferencia de la humedad relativa entre estos distritos, que varía de 71 a 80% entre verano e invierno en Valle Río Petorca - Cabildo y de 56 a 71% en VAlle Río Aconcagua - Los Andes; como también en octubre-marzo y el frío junio-agosto, de 6° C en el primer caso y de 8° C en el segundo y en el mayor descenso de la temperatura mínima de julio en Valle Río Aconcagua - Los Andes. El período libre de heladas es casi dos meses superior en Valle Río Petorca-Cabildo, el período de receso vegetativo aumenta de 2 a 4 meses en Valle Río Aconcagua y la acumulación de frío casi se duplica de 800 a 1.570 horas anuales. Ambos poseen 7 meses de período seco, pero en el Valle Río Aconcagua - Los Andes hay 100mm menos de déficit hídrico octubre-marzo.

El distrito Valle Río Aconcagua - Los Andes está fuertemente encajonado entre los cordones transversales del Cerro Calvario por el norte y de Chacabuco por el sur, los cuales, además, poseen estribaciones hacia el interior del valle, dando lugar a dos lóbulos de orientación aproximada norte-sur en los cuales ocurren condiciones climáticas particulares. En el lóbulo occidental se distingue al distrito Llay Llay en el oriental al distrito San Felipe. Se distinguen del valle principal por ser sectores de menor altitud en los cuales aumenta fuertemente la temperatura; disminuye el período de receso vegetativo a 3 meses y disminuye la acumulación de frío y presentan aumento de la humedad relativa del aire. Junto al aumento térmico, aumenta la evapotranspiración potencial y el período seco se ve incrementado a 8 meses.

El distrito Llay Llay posee temperaturas algo más moderadas que San Felipe debido a su proximidad relativa al sector de ventilación costera hacia el valle interior y presenta menor acumulación de temperatura y de frío, mayor período libre de heladas, mayor humedad relativa del aire y menor déficit hídrico. Ubicado más al interior y a mayor altitud, el distrito San Felipe posee temperaturas extremas de verano e invierno más acentuadas, acumula mayor cantidad de temperatura entre septiembre y febrero, pero también mayor número de horas de frío, disminuye el período libre de heladas a 8 meses y aumenta el déficit hídrico octubre- marzo.

CUADRO No.5

PARAMETROS AGROCLIMATICOS DISTRITALES - V REGION - SUBSECTOR VALLES TRANSVERSALES

NOMBRE DISTRITO	PLH *	STV	TME	TMV	HRV	RSE	PH20	PH50	UH50	UH20	PRV	HFA	TMJ	TMI	HRI	RSJ	DPS	DHV	ETPV	DPH
5.2.09 Valle Río Petorca-Alto Caren	196	944	26.0	15.7	70	619	01/05	01/06	01/09	01/10	3	1500	2.0	8.0	75	180	5	880	600	2
5.2.10 Valle Río Petorca-Cabildo	299	1239	27.0	18.6	71	602	10/05	01/07	12/07	31/08	2	800	4.5	10.0	80	177	7	923	581	2
5.2.11 Valle Río Aconcagua-Los Andes	249	1268	27.0	16.6	56	608	21/05	22/06	08/08	04/09	4	1570	2.5	8.5	71	170	7	893	508	2
5.2.12 Co.Calvario	302	1243	28.0	17.2	70	567	13/05	03/07	15/07	02/10	3	1157	4.3	11.2	80	177	8	880	571	2
5.2.13 Llayllay	265	1251	29.0	19.9	70	609	16/05	23/06	22/08	08/09	3	1070	4.0	9.7	85	180	8	864	600	2
5.2.14 San Felipe	247	1470	30.8	19.8	64	607	04/05	28/06	30/07	18/09	3	1200	3.0	10.0	75	180	8	970	540	2

* *(ver significado de símbolos de parámetros en página 9)*

DISTRITOS AGROCLIMATICOS V REGION

SUBSECTOR CORDILLERA DE LOS ANDES

Distrito Cordillerano

El punto de unión de los cordones transversales al cordón maestro de la cordillera de Los Andes marca el límite oriental del subsector cordones y valles transversales con un alineamiento de laderas fuertemente empinadas que recorre la región de norte a sur. Sobre estas laderas y hasta la altitud de 2.000m se identifica al distrito Valle Río Sobrante - Valle Río Colorado, y en el extremo sur de la región, al primer tramo del distrito Cordillera Santiago Norte.

El subsector cordillerano se caracteriza por el descenso de las temperatuas medias del período cálido y particularmente del período frío, la disminución del período libre de heladas y aumento del período de receso vegetativo. Los recursos de temperatura efectiva acumulada disminuyen notablmente y varían entre 600 y 750 grados-día para el período septiembre-febrero. La acumulación de frío supera los requerimientos de gran número de vegetales. El período seco disminuye a 6 meses, pero el déficit hídrico octubre-marzo mantiene valores similares al valle.

CUADRO No.6

PARAMETROS AGROCLIMATICOS DISTRITALES - V REGION - SUBSECTOR CORDILLERA DE LOS ANDES

NOMBRE DISTRITO	PLH *	STV	TME	TMV	HRV	RSE	PH20	PH50	UH50	UH20	PRV	HFA	TMJ	TMI	HRi	RSJ	DPS	DHV	ETPV	DPH
5.3.15 Valle Río Sobrante-Valle Río Colorado	179	746	24.4	11.5	51	594	23/04	03/06	05/08	18/08	4	1830	0.7	8.1	67	172	6	910	571	2
M.3.13 Cordillera Santiago Norte	213	617	21.0	15.2	50	570	01/05	01/06	01/10	01/11	7	2372	-1.0	6.7	60	190	7	856	470	5

** (Ver significado de símbolos de parámetros en página 9)*

6 PROCESOS ATMOSFERICOS DE LARGO PLAZO

Presentación de Evidecias de Cambios Climáticos en el Planeta

En este tema se ha tomado los apuntes de Humberto Fuenzalida, para el II Curso Latinoamericano sobre Variabilidad Climática y su Impacto Ambiental, Depto. de Geofísica, U. de Chile, 1991.

La evolución climática de la Tierra puede ser rastreada o inferida a través de variadas técnicas, como los registros térmicos instrumentales, los registros de crónicas, el análisis de los hielos glaciales y vestigios del nivel del mar, del pólen fósil y de los anillos de la madera de los árboles.

La inferencia relativa a la temperatura realizadas por diversos métodos y equipos de investigación, puede ser representada en los gráficos de la siguiente figura, en diferentes escalas temporales, según The Physical Basis of Climate and Climate Modeling, GARP Publications Series No.16/1975.

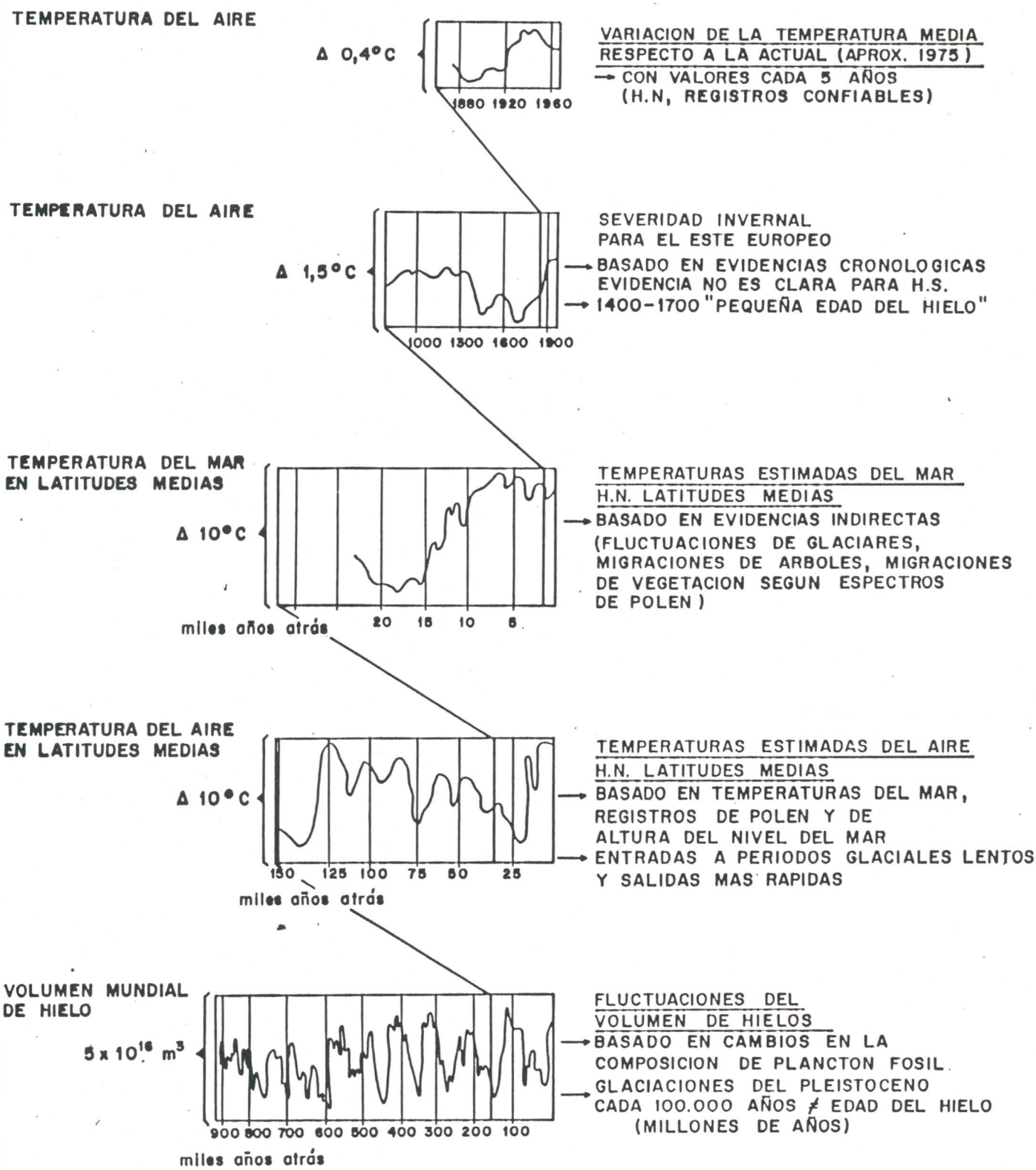
En el gráfico superior se puede observar que después del final de un siglo XVIII frío, las temperaturas subieron, para culminar alrededor de los años de de Segunda Guerra Mundial y luego volver a descender. Los datos corresponden a promedios de temperatura media del aire de intervalos de cinco años de valores registrados instrumentalmente.

El segundo gráfico presenta variaciones de un índice de severidad del invierno en Europa durante un periodo de alrededor de 1000 años. Se observa la ocurrencia de inviernos muy crudos entre los años 1.400 a 1.800, ratificando el periodo frío mostrado en el gráfico superior. A este periodo frío se le ha denominado "pequeña edad de hielo", aunque está lejos de haber tenido el rigor de un periodo glacial. Las datos corresponden a temperaturas medias del aire según evidencia cronológica.

El tercer gráfico presenta variaciones de la temperatura inferidas a partir de información de glaciares y pólen fósil, hasta 23.000 años atrás. El rasgo más conspicuo es un periodo frío que termina alrededor de los 18.000 años atrás, correspondiente al último periodo glacial. Con posterioridad, las temperaturas se recuperan, hasta alcanzar un periodo relativamente cálido en relación al presente, conocido como el "óptimo climático". Durante él, las temperaturas fueron unos 2 C más altas que en la actualidad (alrededor de 7 a 3 miles años atrás).

El cuarto gráfico presenta inferencias térmicas basadas en evidencias de pólen fósil y de variaciones del mivel del mar, qe se extienden desde 150.000 años atrás. Se aprecian dos mínimos profundos, separados por oscilaciones menores. Cada uno de los grandes mínimos corresponde a sendos periodos glaciales y las

DIVERSAS ESCALAS TEMPORALES
VARIACION DEL CLIMA



oscilaciones entre ellos ilustran que la salidad de una glaciación ocurre con gran rapidez, en tanto que la entrada a ella es lenta y muy accidentada.
El quinto gráfico muestra inferencias de la temperatura basadas en evidencias obtenidas del contenido isotópico de sedimentos marinos a través de 900.000 años. La curva muestra la ocurrencia de 7 a 8 glaciaciones, separadas por intervalos cálidos del orden de 100.000 años. Estas son las glaciaciones del Pleistoceno, que parecen ocurrir desde por lo menos 1,6 millones de años atrás.

Esta figura sirve para ilustrar cómo el clima de la Tierra experimenta cambios en una gran variedad de escalas temporales y que parece hacerlo en forma más o menos rítmica. Lo que se muestra está baseado en evidencias, pero no hay motivo para pensar que no existan otras fluctuaciones en intervalos mayores de tiempo: **el clima es eminentemente variable, siempre lo fue y probablemente seguirá siéndolo.**

Si se asume que por alguna técnica, aún inexistente, se pudiera recuperar el registro de temperatura media de la Tierra desde el comienzo de su evolución, el aspecto de su varianza luciría como el gráfico siguiente (Mitchell, 1976).

En el espectro de variaciones se apreciarían varios tipos de máximos, algunos agudos y otros suaves.

Las variaciones suaves son aquellas derivadas de los mecanismos internos al azar, que Lorentz ha denominado de cuasi-intransitividad. De acuerdo a estos mecanismos, el clima que por algún tiempo ha oscilado en torno de un estado medio pasa, en un plazo relativamente breve, a oscilar en torno a otro estado medio distinto. Esta capacidad del sistema climático para saltar de un estado medio a otro tiene expresión en las ecuaciones matemáticas que representan la posibilidad que las distribuciones espaciales de temperatura, presión, humedad, etc., sean modificadas por el movimiento del aire o del océano, los que, a su vez, dependen de las distribuciones iniciales. Este proceso de retroalimentación puede conducir a una enorme multiplicidad de estados, los cuales parecen no repetirse nunca. Ello confiere a esta variaciones un bajo grado de preditibilidad, que se acentúa hacia los periodos largos.

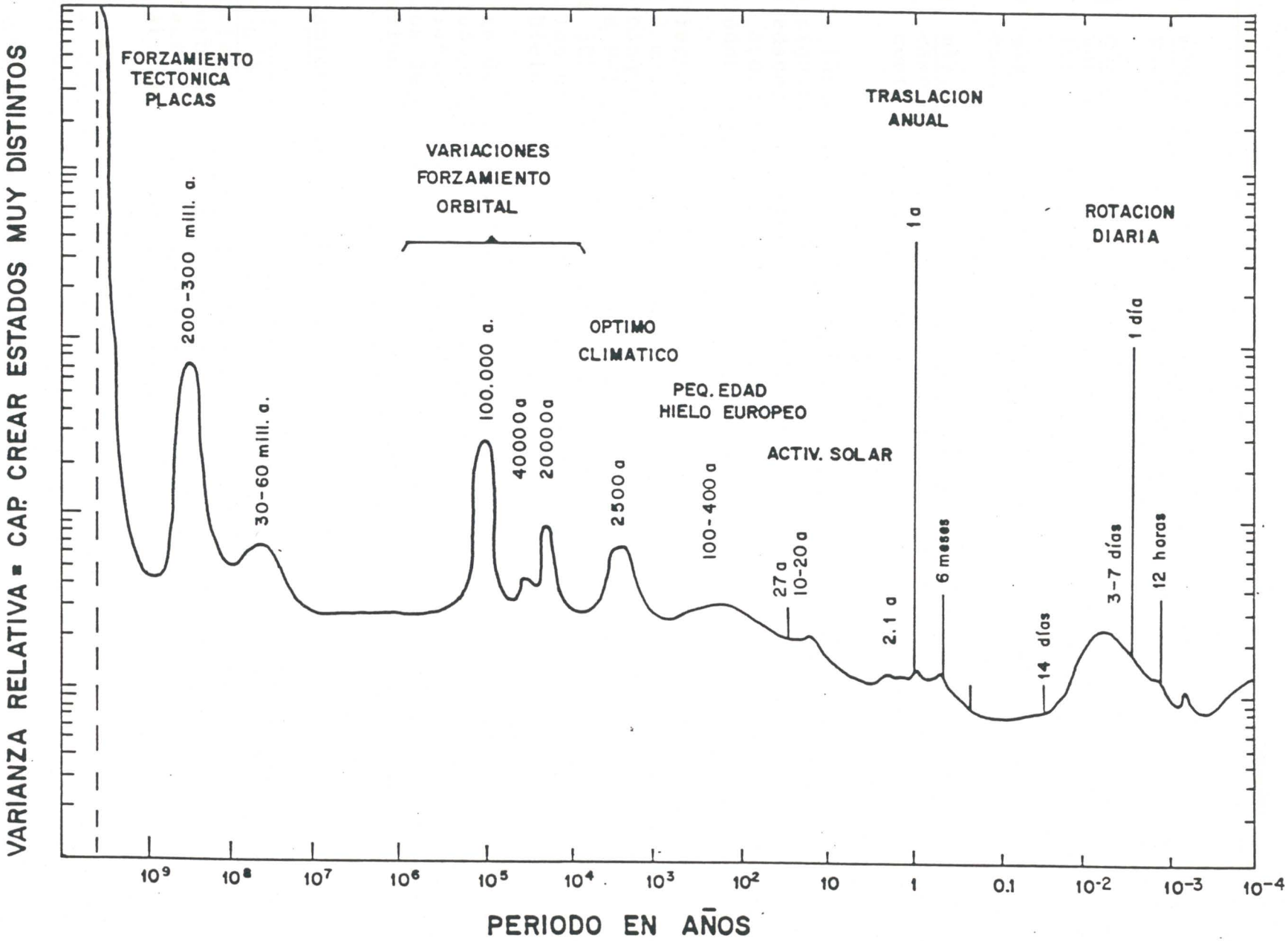
Los máximos muy agudos están claramente vinculados a procesos cíclicos de origen astronómico: día - noche y la variación anual. Estas variaciones tienen alto grado de predictibilidad.

Los máximos suaves corresponden a variaciones cuasi-periódicas o aperiódicas, pero que presentan una escala temporal preferencial y presentan un grado intermedio de predictibilidad:

i) máximo suave entre 3 y 7 días, está asociado a las perturbaciones sinópticas de latitudes medias (acciones frontales)

ESPECTRO DE TEMPERATURAS SUPERFICIALES DEL AIRE

(DE ACUERDO A MITCHELL 1976)



ii) máximo suave entre 100 y 400 años, representa fluctuaciones parecidas a la "pequeña edad del hielo" del 1400 al 1700

iii) máximo suave alrededor de los 2500 años, corresponde a variaciones similares al "óptimo climático" que se desarrolló entre los 7.000 y 5.000 años atrás

iv) máximos suaves con 20.000, 40,000 y 100,000 años de periodo, están relacionados con las glaciaciones del Pleistoceno

v) máximos suaves en periodos más largos buscan representar los cambios derivados de procesos tectónicos o de la deriva continental.

A lo largo de su historia, la Tierra ha experimentado oscilaciones significativas de temperatura. Los periodos fríos se denominan **edades del hielo**, si transcurren en periodos muy prolongados, del orden de millones de años, y **glaciaciones**, si transcurren en periodos típicos de 100.000 años.

La Tierra se encuentra en una edad del hielo, que se inició unos 2 a 3 millones de años atrás y que fue precedida por la formación del casquete de hielo antártico (entre 25 a 10 millones de años antes del presente). La anterior edad del hielo ocurrió hace unos 300 millones de años y se prolongó por 70 millones de años. En los últimos 1.000 millones de años han ocurrido cuatro edades del hielo.

Dentro de la edad del hielo actual, la Tierra está pasando por un periodo relativamente benigno o interglacial, luego que la última glaciación alcanzara su apogeo 18.000 años atrás. En el último millón de años, el clima de la Tierra se ha caracterizado por una sucesión de glaciaciones, separadas por periodos interglaciales.

Forzamiento Externo de las Variaciones del Clima

Estas variaciones del clima de largo plazo (periodos que exceden varios decenios) parecen ser consecuencia de las fluctuaciones en la orientación del eje terrestre y cambios en la excentricidad de la órbita que describe la Tierra en torno al Sol. A estas variaciones climáticas de largo plazo se las denomina **variaciones climáticas forzadas externamente**.

Se entiende que un forzamiento externo al sistema climático sólo puede provenir, estrictamente hablando, de cambios en los montos de energía solar incidente en el exterior de la atmósfera.

Sin embargo, en la realidad, el forzamiento externo al sistema clima también puede provenir de periodos muy prolongados de intensa actividad volcánica, de cambios en la distribución de

continentes (deriva continental), o en su macro orografía (cordilleras). Además, el hombre al sobrepoblar el planeta y en su intento de elevar el nivel de vida ha llegado a interferir en la evolución natural del clima (alterando la composición de la mezcla gaseosa, por ejemplo).

En el contexto estricto, las causas de la variación de radiación solar pueden deberse a:

i) cambio en la emisión desde el Sol, las mediciones recientes efectuadas a la cantidad de energía solar que llega a una superficie unitaria en el exterior de la atmósfera y orientada perpendicularmente a los rayos en una unidad de tiempo (constante solar), respecto a su valor medio, registra una disminución de on 0,02% en los últimos 5 años. Este descenso es parte de las fluctuaciones naturales, probablemente el ciclo de 22 años de las manchas solares, y debe revertirse en un futuro próximo. Se ha estimado que una disminución del un 1% en la emisión solar podría dar lugar a cambios significativos en el clima al hacer descender la temperatura del planeta en alrededor de 1 C, situación que podría haber acontecido entre los años 1800 a 1850, cuando en muchos lugares estuvo a punto de ocurrir una condición parecida a la "pequeña edad del hielo".

Sobre periodos extensos no existe evidencia medida de cambios en la constante solar. sin embargo, otros índices de actividad solar de más directa medida y cuyo periodo de observaciones cubre alrededor de 1000 años, ponen en evidencia cambios significativos respecto a cambios cada unos 200 años. Estas evidencias se refieren tanto al número de manchas solares como al de auroras boreales que coinciden en mostrar largos intervalos de muy poca actividad. Existe alguna evidencia de asociación entre estos periodos de muy poca actividad solar, que ocurren sin orden apaarente, y las temperaturas bajas y avances de glaciares en Europa.

ii) variaciones en la posición relativa entre el Sol y la Tierra, que causan variaciones en la intensidad de la energía solar recibida y ofrecen una explicación a las alternancias glaciales de del último millón de años (Teoría de Milankovitch). Según esta teoría, el origen de las variaciones climáticas de largo plazo se encuentra en una combinación apropiada de cambios en la orientación del eje de la Tierra y en la excentricidad de su órbita en torno al Sol. Estos cambios determinan relaciones de distancia al Sol, periodo diario de iluminación y longitud de las estaciones. La excentricidad variaría en ciclos de 100.000 años, la inclinación del eje terrestre en ciclos de 40.000 años y la longitud de las estaciones en ciclos de 20.000 años

ORDON