

Bases para el enfoque y la evaluación del clima

Orlando Peña Alvarez
Universidad de Chile, Valparaíso.

Rodrigo Antonioletti Ruiz
IRN-CORFO, Universidad de Chile

1. PRESENTACION

En el presente artículo queremos insistir en dos ideas principales: la caracterización del clima como recurso natural, susceptible de evaluación más o menos exacta y de uso planificado, y la necesidad de hacerlo objeto de una cartografía moderna, experimental, que permita la aplicación armoniosa de los principios básicos de todo estudio geográfico. A fin de ayudar a la profundización de estos dos asuntos centrales, hemos agregado —al final— una bibliografía relativamente completa referida tanto a los principios y métodos de las investigaciones climatológicas, como a los rasgos más importantes del clima de Chile.

2. MODERNAS TENDENCIAS DE LA INVESTIGACION CLIMATOLOGICA

La bibliografía sobre el clima de Chile ha experimentado un rápido desarrollo en las últimas dos décadas, aun cuando su volumen todavía no es muy apreciable. Durante este periodo se trató, fundamentalmente, de sistematizar la documentación meteorológica existente y configurar una clasificación de los espacios geográficos de acuerdo al comportamiento de dos elementos básicos: la temperatura y las precipitaciones. Se trata de un mé-

todo analítico en función de promedios estadísticos que son relacionados con un rasgo relevante del paisaje, en especial con la vegetación nativa. Así queda de manifiesto en los principales trabajos de síntesis elaborados en Chile (*Fuenzalida*, 1950, 1965; *Almeyda*, 1957, 1958), y que constituyen la base de las investigaciones más recientes.

La crítica que puede enunciarse a la metodología utilizada en dichos estudios reside en la abstracción que supone el comparar las medidas aritméticas de los elementos básicos sin acentuar el hecho substancial de la variabilidad de los elementos del clima, especialmente en las latitudes subtropicales donde esta variabilidad adquiere una fisonomía sustantiva.

Un segundo aspecto, de carácter más general, es la concepción del clima sólo como un factor de las actividades que se desarrollan en el espacio geográfico, de lo que se derivan consideraciones que serán discutidas en el párrafo siguiente.

Sin embargo, han venido perfilándose nuevas tendencias en el estudio del clima que tienen su antecedente en dos hechos recientes: el desarrollo en nuestro país de la geografía y la creciente vinculación de los problemas del espacio con las tareas del planeamiento económico. El primer hecho incide en que una parte de los cuadros científicos en climatología se ha



formado en esa disciplina y el segundo en que las necesidades de desarrollo del país plantean un requerimiento de información analítica y sintética para la programación regional y sectorial*.

En ese contexto se inserta una nueva concepción del clima, derivada de la profundización del compromiso del geógrafo con la comunidad a la que sirve: el clima se incorpora a la categoría de recurso natural, al mismo título que las aguas, las formas de relieve, los suelos, etc.

2.1. *El Clima como recurso natural.*

La acción del clima es inmanente por cuanto se expresa sobre todas las manifestaciones superficiales de la naturaleza y sobre la actividad de las sociedades humanas. Tal vez por este motivo existe una "aclimatación" tal que se considera al clima mismo como algo implícito en otros hechos naturales o culturales y no como un elemento de acción permanente susceptible de mensurar. Por ejemplo, el gasto de los ríos supone las precipitaciones atmosféricas y un balance entre lo que ocurre, se infiltra y se evapora de dichas precipitaciones; los cítricos se producen en condiciones óptimas en las áreas donde el rango de variación de las temperaturas oscila entre 22 y 32°C, siendo su límite inferior de 12°C y el superior de 37°C (*Magnes y Traub, 1941*), pero la mayor parte de estos cultivos se realiza sobre bases empíricas.

Las experiencias acumuladas en otros países muestran que es posible utilizar el clima como un recurso que provee calor (temperaturas) y humedad (precipita-

ciones) para la consecución de objetivos económicos (*Davitaya y Trusov, 1965*) y establecer índices de productividad climática (*Sapozhnikova y Shashko, 1960*).

Partiendo del hecho que los elementos del clima constituyen, básicamente, la fuente de calor y humedad para todos los procesos que se desarrollan sobre la faz del planeta y de que estas fuentes se autorregeneran en un marco temporal mensurable sólo en la escala geológica, se puede convenir en considerarlo como un recurso natural. No obstante, es preciso tener presente una característica peculiar en el comportamiento de sus elementos, cual es la variabilidad que manifiestan a corto y largo plazo. Pero también es un hecho que los rangos de variación son mensurables y, en esa medida, previsibles.

Ahora bien, ¿de qué manera los elementos del clima pueden ser asimilados a la noción de recurso natural? Alguna expresión cultural puede servir de ilustración, como por ejemplo la producción de primores o cultivos tempranos de las provincias septentrionales que está estrechamente asociada a la potencialidad climática de esa región en términos de calor y de luminosidad del aire; el viento, en la medida que manifiesta una frecuencia y fuerza suficiente, es utilizado como fuente de energía para impulsar las bombas de agua subterránea.

Si bien son las manifestaciones extre-

*Un ensayo en este sentido, de carácter interdisciplinario, se tiene en "Los Recursos Naturales de la Provincia de Cautín", IREN-CORFO, 1970. Informe N° 29, 3 vol.

mas de los elementos las que mejor se perciben por la evidencia de sus efectos, ellas pueden ser anuladas o, en último término, atemperadas a través de una acción indirecta (Davitaya, 1962): la sequía, mediante las obras de riego y aplicando medidas para la retención de las nieves; las ondas de frío que pueden afectar algunos cultivos muy sensibles a las heladas, por medio de calefactores o turbinas que pongan en movimiento el aire; los vientos desecantes periódicos, con cortinas de árboles; etc. Las decisiones en este sentido implican, primero, investigar y conocer las variaciones de los elementos y, segundo, un aprovechamiento de la tecnología y de las experiencias internacionales en el control de los aspectos limitantes del clima.

En lo que respecta al uso potencial del recurso clima, las posibilidades varían entre intervalos cuyos extremos están dados por los niveles científico-tecnológico alcanzados. La cuestión es lograr un aprovechamiento máximo de las disponibilidades calóricas y de humedad para obtener la más alta productividad del espacio. Este problema proyecta a la climatología al campo del trabajo interdisciplinario, sobre todo si se atiende al hecho que un mal manejo del clima puede tener consecuencias devastadoras sobre otros recursos naturales. El desarrollo de los procesos erosivos en gran escala son, a menudo, el resultado no sólo de prácticas culturales inadecuadas sino también de la forma en que el clima opera sobre el suelo, el modelado superficial y la vegetación (Almeyda, sin fecha).

2.2. El comportamiento diferencial de los elementos del clima y la Climatología Dinámica

El clima es la expresión dinámica y sostenida del conjunto de sus elementos. Sin embargo, debido a la acción directa e inmediata que tienen, se pone especial atención a sólo dos de ellos, la temperatura y las precipitaciones. La influencia preponderante que uno u otro elemento pueda tener descansa en la ubicación del espacio considerado respecto de condiciones zonales derivadas de la circulación general de la atmósfera. En el dominio de las latitudes subtropicales el hecho climático que resalta es la ausencia o déficit de precipitaciones, en tanto que las temperaturas describen una curva de amplitud moderada. Y cuando se entra en el espacio de las latitudes medias se observa que son las temperaturas las que pasan a desempeñar un papel relevante, ya que sus variaciones repercuten en la disponibilidad de calor.

Por razones de orden práctico y conceptual, las temperaturas y las precipitaciones, así como otros elementos del clima en forma más esporádica, han sido abordados de acuerdo a las reglas del método analítico. Este método considera aislada e independientemente los elementos del clima (temperatura, humedad, precipitaciones, presión atmosférica, vientos) sin que aparezca la relación dinámica e instantánea con que se presentan en la naturaleza y a ello responde la definición del clima como el comportamiento medio de los fenómenos meteorológicos.

es decir, los promedios aritméticos para un período largo.

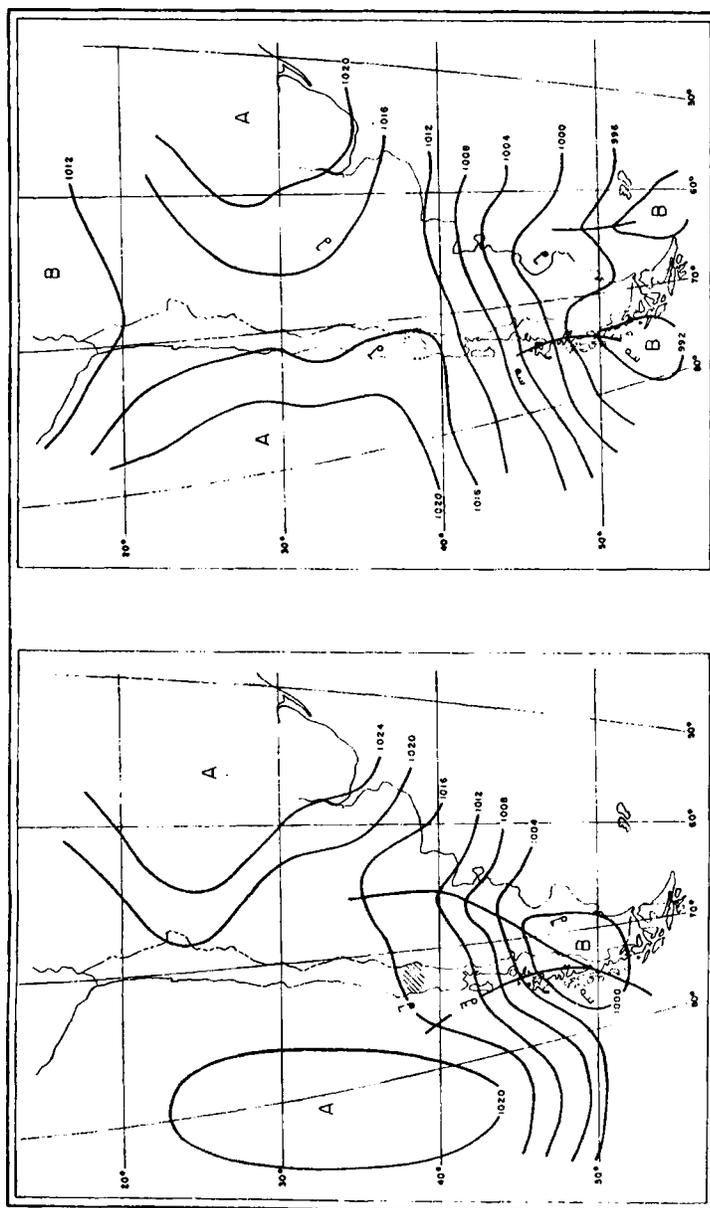
Como contraposición al método analítico se ha desarrollado una corriente sustentadora del método sintético que parte, en cambio, del hecho básico de que la acción de los elementos del clima es simultánea y sus efectos combinados de tal manera que tienen como resultado o expresión una serie de "estados de tiempo" que, si bien nunca pueden repetirse de idéntica manera, tienen una reiteración periódica de cierta regularidad (*Pedelaborde*, 1965), y que se configuran con rasgos muy característicos: son los llamados "tipos de tiempo".

La percepción popular ha bautizado algunos de los tipos de tiempo más singularizados, como por ejemplo el "tiempo de los volantines", en los meses de septiembre y octubre, caracterizado por cielos descubiertos, temperaturas moderadas y brisas persistentes que favorecen este juego. De manera similar se presenta con cierta regularidad en el mes de julio el "veranito de San Juan", que se caracteriza por un repentino ascenso de las temperaturas medias diarias y condiciones generales de buen tiempo que, cuando logra subsistir durante varios días, puede tener efectos activantes sobre la vegetación.

En este contexto, se trata de analizar el comportamiento de cada uno de los elementos del clima siempre referidos a los tipos de tiempo en los que ellos se manifiestan como principio metodológico. Esto implica una estrecha vinculación con

la meteorología para comprender los hechos que determinan las condiciones características prevalecientes. La posición del área estudiada respecto de la circulación general de la atmósfera y de los centros de acción atmosféricos tiene vital importancia para conocer la procedencia de las masas de aire y sus trayectorias ya que ellas intervienen en la producción de distintos estados tiempo (*Weischet*, 1968).

Las figuras 1 y 2 grafican esquemáticamente la situación que caracteriza el ritmo estacional del tiempo en la región centro-sur del país. En los meses de invierno (mayo a septiembre) se registra un avance reiterado de las perturbaciones del frente polar generándose condiciones de mal tiempo que se caracterizan por cielos cubiertos con sistemas de nubes persistentes, una alta humedad relativa (90 a 100%), precipitaciones intensas y sostenidas, acompañadas por vientos de componente norte (Fig. 1.1.). Cuando la situación frontal desaparece se dan condiciones de buen tiempo, con cielos despejados o con algunos cúmulos aislados que se desplazan rápidamente en dirección norte anunciando el restablecimiento de la estabilidad atmosférica (Fig. 1.2). Durante el verano tienden a hacerse más generalizadas las condiciones de buen tiempo, ligadas al avance hacia el sureste que experimentan las altas presiones subtropicales que se acompañan con cielos despejados y un predominio de los vientos del suroeste (Fig. 2.1). En tales condiciones las perturbaciones tienen



1.2. Invierno: buen tiempo: depresiones rechazan más al sur.

1.1. Invierno: mal tiempo, cielos cubiertos y precipitaciones.

un camino más meridional. Sin embargo, la estabilidad de las altas presiones puede romperse para dar lugar a depresiones barométricas que desencadenan epi-

sodios de mal tiempo de características similares a las descritas para el invierno (Fig. 2.2).

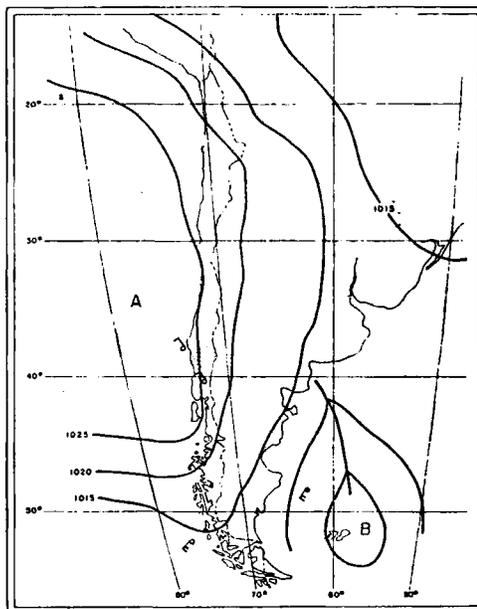


Fig. 2.1. Verano: buen tiempo generalizado.

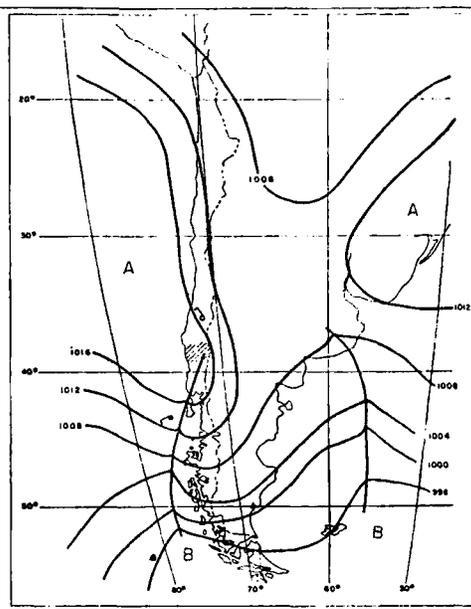


Fig. 2.2. Verano: mal tiempo; avance de perturbaciones.

(tomado de Antonioletti, 1970)

Este enfoque dinámico de los fenómenos atmosféricos no es excluyente respecto de los métodos analíticos sino que más bien se complementan al insertar el comportamiento individual de los elementos en el contexto general en que se producen. De acuerdo a esta corriente de la climatología, el clima viene a ser el resultado de una sucesión habitual de tipos de tiempo, característicos de una zona o

de una región, y donde las variaciones locales y matices se producen por la acción que sobre sus elementos tienen la topografía, la exposición, la presencia de masas de agua y, en fin, el medio geográfico mismo sobre el cual éste se expresa.

En Chile, aun cuando incipiente, este enfoque tiene algunas expresiones bibliográficas de interés, existiendo trabajos en los que se despliega una riqueza de aná-

lisis de las situaciones típicas (*Borde, 1966; Schneider, 1969; Caviedes 1969*). Las perspectivas de desarrollo de las investigaciones climatológicas en esta línea se ven favorecidas por la expansión que ha experimentado la red de captación de fotografías de satélites meteorológicos, de estaciones de sondeo atmosférico y observatorios de superficie, que proveen una rica documentación de complemento recíproco.

3. NECESIDAD DE UN INVENTARIO DE LOS RECURSOS CLIMATICOS

3.1. *Búsqueda de la información meteorológica*

El geógrafo debe recurrir a la información de base recolectada por distintas instituciones que se preocupan del tiempo meteorológico por razones muy diversas. El servicio de más larga tradición y de mayores prerrogativas en este sentido es la Oficina Meteorológica de Chile, dependiente de la Fuerza Aérea de Chile, que controla una importante cantidad de estaciones de observación y registro de superficie a través del país. Desgraciadamente, sus series de datos están en muchos casos incompletos o no son absolutamente confiables; por otro lado, hay extensas áreas del territorio que no tienen estaciones instaladas, como ocurre habitualmente en sectores montañosos y en los extremos del país. Podría justificarse esta parcial cobertura si pensamos que el fin principal de la OMCh es la previsión del tiempo, tarea en la cual se

cuenta desde hace pocos años con el valioso apoyo de los radio-sondajes y de la observación por satélites artificiales. A pesar de ello, estimamos que deben buscarse los medios y prepararse un plan adecuado para llegar a una racionalización en la distribución territorial de las estaciones en referencia.

Por su parte, la Armada, la ENDESA, la Dirección de Riego, el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, algunas universidades, ciertos particulares, etc., tienen también estaciones meteorológicas en funcionamiento. Sobre su número, ubicación y propósitos existen pocas referencias concretas, estimándose que sólo son complementos de poca monta a la red principal controlada por la OMCh.

En lo referente a la clase de datos recolectados por las estaciones meteorológicas de superficie hay que destacar la primera importancia asignada a los registros pluviométricos. El manifiesto de desequilibrio en favor de estos valores se entiende al considerar la mayor simplicidad y el menor costo del instrumental necesario para estas mediciones. Con la información reunida sobre precipitaciones líquidas se han preparado trabajos pioneros en la Climatología chilena (*Almeyda, sin fecha*) y se han podido hacer aplicaciones importantes en el campo de la hidrología y de la agronomía.

En cambio, las temperaturas se mensuran en escala mucho más reducida. Las estaciones termoplumiométricas son pocas en relación a las simplemente pluviométricas y, naturalmente, muy escasas

specto a las necesidades planteadas para una buena investigación climatológica. Es indudable que la validez de los datos térmicos, desde el punto de vista espacial así como del temporal, es mayor que la de los datos pluviométricos: las temperaturas medias son más estables y tienen un mayor radio de difusión (salvo condiciones microclimáticas excepcionales) que los totales de agua caída.

Los otros datos meteorológicos sólo se registran en estaciones climatológicas completas de las cuales hay una reducida cantidad en Chile. Así, la humedad relativa, la presión atmosférica, los vientos, insolación, etc., sólo tienen valores consignados en algunos lugares a través de los años y con ellos es difícil, si no imposible, tener un cuadro completo y equilibrado de esta información para las distintas regiones chilenas.

De ese modo se justifica la reducción de las investigaciones climatológicas al estudio exhaustivo de las precipitaciones de las temperaturas y a su combinación con índices ombrotérmicos, con muy poco complemento de otros datos meteorológicos (Schneider, 1969; Antonioletti, 1970).

La ampliación de la red de estaciones de radiosondajes y la puesta en marcha de varias estaciones receptoras de información proveniente de satélites meteorológicos permite vislumbrar una variación importante en el carácter, profundidad y diversidad de los estudios de la atmósfera; sin embargo, aún no se ha progresado substancialmente en esta línea sobre todo por falta de geógrafos capacitados para

aprovechar integralmente el material que se está recopilando.

3.2. Elaboración de los datos meteorológicos

La elaboración de la información meteorológica disponible está haciéndose más completa y compleja a medida que se va aprovechando una serie de recursos metodológicos que ofrece la Estadística (Conrad y Pollack, 1962; Peguy, 1948, 1958; Pedelaborde, 1957; Libault, 1951; Peña, 1969). Al simple cálculo de promedios aritméticos se agrega la determinación de otros estadígrafos de posición (mediana, modo). En algunos casos resulta mucho más conveniente calcular la mediana que el promedio, sobre todo si se tienen en cuenta las limitaciones de este último parámetro; con esa misma intención, los estudios climatológicos introducen cada vez con más frecuencia el empleo de fractiles diversos (cuartiles, deciles, percentiles).

Además se manejan profusamente los estadígrafos de dispersión, con el propósito de determinar las condiciones de variabilidad de los fenómenos meteorológicos. Una serie de valores, cualquiera sea el período que ellos cubran (años, meses, días, horas), permite establecer el monto de la amplitud máxima que los afecta partiendo del simple cálculo del campo de variación donde

$$CI' - M - m$$

siendo M el valor más grande de la serie y m el más pequeño.

Más ilustrativa es la desviación típica o standard (σ) que indica el rango de la dispersión de los datos de una serie en torno a una medida de tendencia central, usando de la siguiente fórmula:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum u_i^2}{n - 1}}$$

donde

$$u_i = x_i - \bar{x}$$

siendo

x_i = valores individuales de la serie

\bar{x} = Promedio de los valores de la serie

n = Términos de la serie

Finalmente, el coeficiente de variación o de variabilidad absoluta (V) contribuye a una mejor comparación de los rangos de variabilidad entre estaciones distintas e, incluso, entre valores meteorológicos diferentes, siendo su cálculo una consecuencia directa de la determinación de la desviación típica:

$$V = \frac{100 \sigma}{\bar{x}}$$

Con el propósito de establecer las posibilidades de que dos variables evolucionen de manera más o menos semejante, es factible recurrir al coeficiente de correlación (Peña, 1968, 1969). Para calcularlo se emplea la fórmula siguiente:

$$R = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$R = \frac{\sum u_i v_i}{\sqrt{\sum u_i^2 \sum v_i^2}}$$

donde

x_i = Valores individuales de una serie (x)

y_i = Valores individuales de otra serie (y)

$$u_i = (x_i - \bar{x})$$

$$v_i = (y_i - \bar{y})$$

Como se advierte, el análisis exhaustivo de los elementos a través de métodos estadísticos adquiere una perspectiva de riqueza extraordinaria en relación con sus posibilidades de utilización.

Las lluvias tienen en Chile una gran variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo. Aun dentro de marcos regionales este hecho es manifiesto. En el conjunto de la región de Cautín las sumas anuales de precipitación tienen un promedio superior a los 1.000 milímetros, cifra tres veces superior a la que registra Santiago. Sin embargo, los totales anuales no revelan la oportunidad en que se presentan las lluvias. Un examen más atento muestra de inmediato hechos muy reveladores: alrededor del 50% del volumen de precipitaciones tiene lugar entre los meses de mayo y agosto, presentando una mínima de verano (diciembre a febrero) y registrando, incluso, meses totalmente secos (Antonioletti, 1970). Surge así la necesidad de establecer los márgenes de disponibilidad de este elemento para cada período del año de acuerdo a la demanda que deriva de sus usos agrícolas, industrial y de servicios. Estos pueden determinarse calculando la probabilidad estadística de un monto mínimo de precipitaciones cuyo margen de seguridad dependerá de la longitud cronológica de la serie de datos disponibles.

En los meses en que las lluvias alcanzan su menor volumen y se registran las más altas temperaturas, tiene un gran interés cuantificar la duración de los períodos secos por la repercusión que ellos pueden tener en actividades tan disímiles como la agricultura y el turismo. Mientras que para la agricultura ciclos de 15 días consecutivos sin precipitaciones plantean la necesidad urgente de riego, para el turismo significa la posibilidad de disfrutar de sol y de las bondades del paisaje.

Un análisis tipo se tiene en el realizado para Padre Las Casas, donde de un total de 2.086 días de verano correspondientes a una serie estadística de 23 años (1929-1952), se registraron 1.751 días sin lluvias, variando el número de días consecutivos sin precipitaciones entre uno y cincuenta y seis días, con una duración media de ocho días equivalente a una probabilidad de 50%. El margen superior de 10% representa una probabilidad de disponer a lo menos de veinte días consecutivos sin lluvia (Antonioletti, 1970). (Fig. 3).

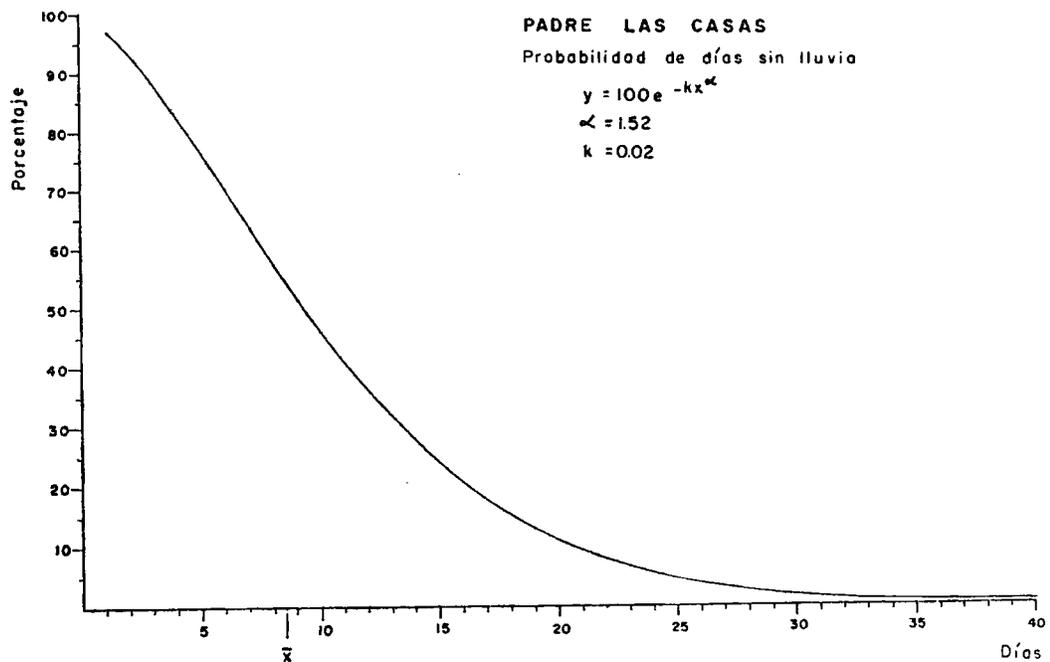


Fig. 3. La estimación de probabilidad de días sin lluvia en verano para un lugar puede obtenerse mediante el ajuste estadístico de una curva de frecuencias. La probabilidad de que no llueva durante 10 días consecutivos en Padre Las Casas se lee levantando una perpendicular desde la abscisa hasta que corta la curva en un punto que, proyectado sobre la ordenada, da un 45% de probabilidad, esto es que, a lo menos, 5 de cada 10 días no presentan lluvias (tomado de Antonioletti, 1970)

Las aplicaciones del método estadístico en el estudio de los elementos del clima puede llevar a la estimación de la disponibilidad de calor, deduciéndose de las sumas de temperaturas activas (Davitaya, 1965; Conrad y Pollack, 1962; Azzi, 1959); a delimitar la duración en días del periodo vegetativo (Conrad y Pollack, 1962); o a la intensidad de las lluvias para fines de conservación, por citar sólo algunos ejemplos ilustrativos.

3.3. Cartografía del clima

Elaborados los datos meteorológicos debe venir enseguida su representación gráfica y cartográfica: se pretende poner en acción un instrumento que es a la vez analítico, por destacar ciertos elementos aislados y de especial relevancia: experimental, porque permite advertir visualmente la existencia de correlaciones o superposición de valores, y sintético, ya que hace posible el conocimiento del "conjunto" de fenómenos que constituye el clima de un espacio geográfico determinado (Rimbert, 1964).

El croquis de geografía, expresión técnica por un lado, y científico-artística por otro, debe ser claro y legible, esquemático, riguroso y evocador (Brunet, 1967). Estas características no aparecen regularmente en los trabajos de representación gráfica y cartográfica del clima: en general, hay poca originalidad y poca variedad en los croquis pertinentes, los que aparecen como complementos de largos textos escritos que inciden, fundamentalmente, en aspectos descriptivos o estáticos del hecho climático.

El uso de la estadística en climatología es una primera vía de enriquecimiento del bagaje gráfico de las nuevas investigaciones en esta disciplina. A los tradicionales histogramas y polígonos de frecuencias, se pueden agregar curvas de frecuencias acumuladas, curvas de probabilidades, rectas de regresión, etc.

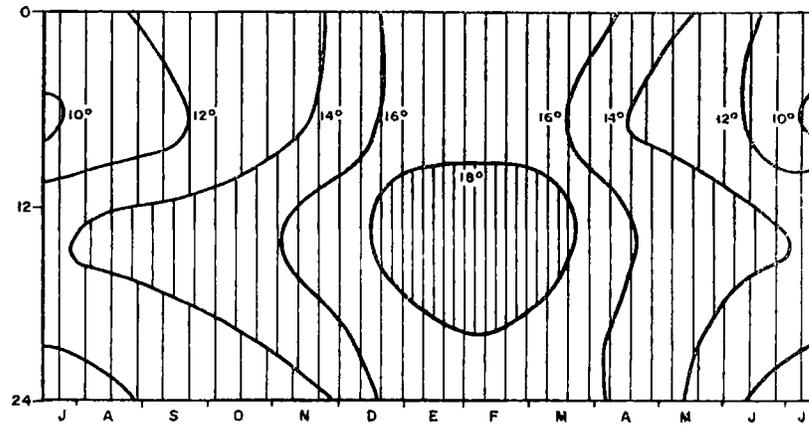
En otro sentido, son importantes los aportes de la climatología dinámica al dar especial realce a las representaciones esquemáticas de las masas de aire y de los estados típicos de tiempo. Agréguese a ello el trazado de perfiles topográfico-pluviométricos (Antonioletti, 1970, Fig. 5) o el diseño de cartas con aplicación de algunos índices de aridez (Schneider, 1969, Fig. 23), que vienen a sumarse a los conocidos, pero no por ello desestimables, mapas de isolíneas climáticas (isoyetas, isotermas, etc.). (Figs. 4 y 5).

Estos esfuerzos por enriquecer la cartografía del clima se coronan con los intentos de realizar cartas de síntesis en las que se conjuguen, sobre un documento cartográfico único, representaciones relativas a los diversos parámetros del clima. No se trata, como pudiera creerse, de la elaboración de los mapas de regiones climáticas que han constituido la culminación habitual de los estudios clásicos en climatología y que requieren toda una infraestructura de conceptos que deben conocerse por anticipado o a los que hay que recurrir paralelamente a fin de poder comprenderlos (o, simplemente, leerlos). Las Cartas de síntesis deben ser "traducibles" y utilizables con la sola ayuda de una tabla de referencias: constituyen,

TERMOISOPLETAS

VARIACION DIURNA Y ANUAL DE LA TEMPERATURA

COQUIMBO



VICUÑA

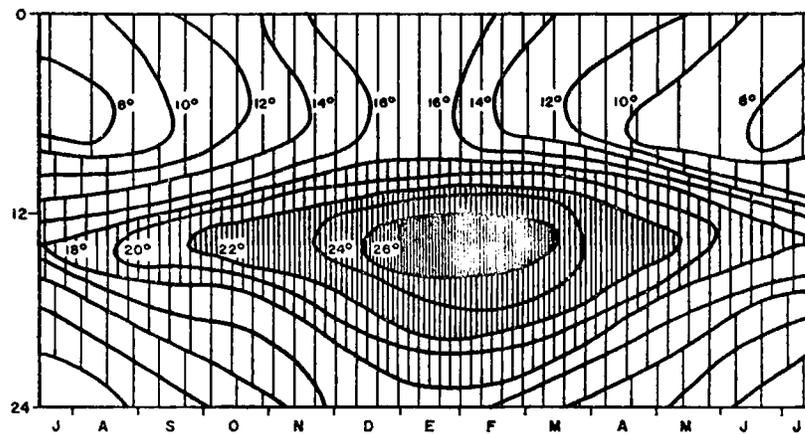


Fig. 4. Termoisopletas. Variación diurna y anual de la temperatura.

(tomado de Schneider, 1969)

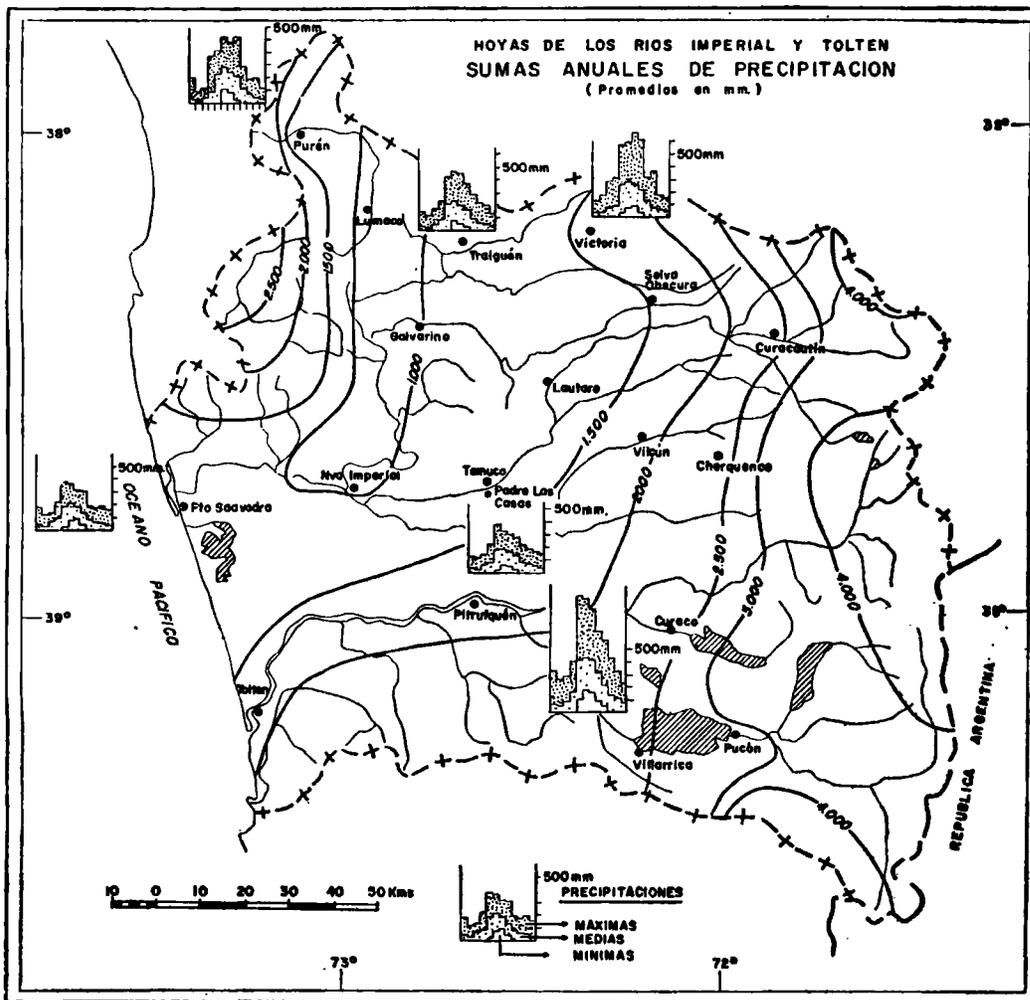


Fig. 5. En la faja de Lumaco hasta Nueva Imperial cae un promedio poco inferior a 1.000 mm de lluvia, esto es una cantidad dos veces superior a la que registra Santiago. Sin embargo, los histogramas muestran que más del 60% de las lluvias se concentran en los meses de mayo a agosto, en tanto que los otros meses reciben un volumen insuficiente de precipitaciones, hecho que se hace sentir con más fuerza en el periodo cálido. Los cultivos y praderas necesitan entonces de riego para suplir el déficit de humedad

(tomado de Antonioletti, 1970)

por lo tanto, documentos que reemplazan los textos y que pueden ser empleados por diversas categorías de usuarios; en algunos casos implican la delimitación de áreas homogéneas y, en consecuencia, permiten el establecimiento de tipologías climáticas, pero ese no es su fin, así como tampoco debe ser ése el objetivo de los estudios del clima en su acepción más general.

Concebidas en esa forma, las cartas climáticas de síntesis son de difícil confección. La experiencia de los climatólogos franceses en este sentido ilustra bastante sobre los problemas que deben superarse paulatinamente en el proceso de preparación de una "Carta Climática Detallada" (*Equipe de Recherche* N° 30 *Du C. N. R. S.*, 1967). Todas las estaciones meteorológicas de las cuales existe información suficiente se constituyen en objeto de "esquemas estacionales" que representan, por una lógica prioridad, los regímenes pluviométricos sobre una matriz de coordenadas polares, lo que les asegura una estructura básicamente circular. Podrían también representar las relaciones entre precipitaciones y temperaturas, mostrando entonces valores correspondientes a índices de aridez aplicados mes por mes a las estaciones meteorológicas correspondiente. (Fig. 6-C. 1).

Los esquemas estacionales se reparten sobre un fondo constituido por una "trama interpolada" que considera la interrelación gráfica de información concierne a factores limitantes de la capacidad ecológica de una región geográfica.

Así, la sequedad y el frío pueden ser materia de esquematización a través de bandas de ancho variable según el número de meses secos y fríos que se distinguen, de acuerdo a algún criterio de definición elegido. Si se acepta el empleo de una red triangular para el diseño de dichas bandas, queda la chance de agregar otras que pueden traducir —en otros contextos climáticos— la presencia de un fuerte calor asociado a una gran pluviosidad. Es factible también la representación de la temperatura media anual, aunque no sobre la base del trazado de isotermas, sino que empleando colores degradados que permitan leer algunas "sobrecargas" como las que podrían mostrar gráficamente la relación entre los datos de días de lluvia al año y horas de insolación en igual período. En recemplazo de un fondo puramente térmico cabe la expresión de otros parámetros más elaborados, como "la producción forestal potencial" (Fig. 6-C 2) o el "balance de agua" que combina los valores de la evapotranspiración potencial anual (E_{tp}) calculada según el método de Thornthwaite y los de la relación P/E_{tp} , donde P corresponde a la precipitación anual.

Simultáneamente puede abordarse la preparación de "cartones anexos" a ser ubicados en los bordes de la carta principal y en los que deben aparecer aquellos parámetros no graficados en ella. La razón de ser de estos cartones anexos está en que —como lo señala la experiencia— se presentan en climatología hechos que no pueden ser representados en una carta de síntesis sin riesgo de recargarla de

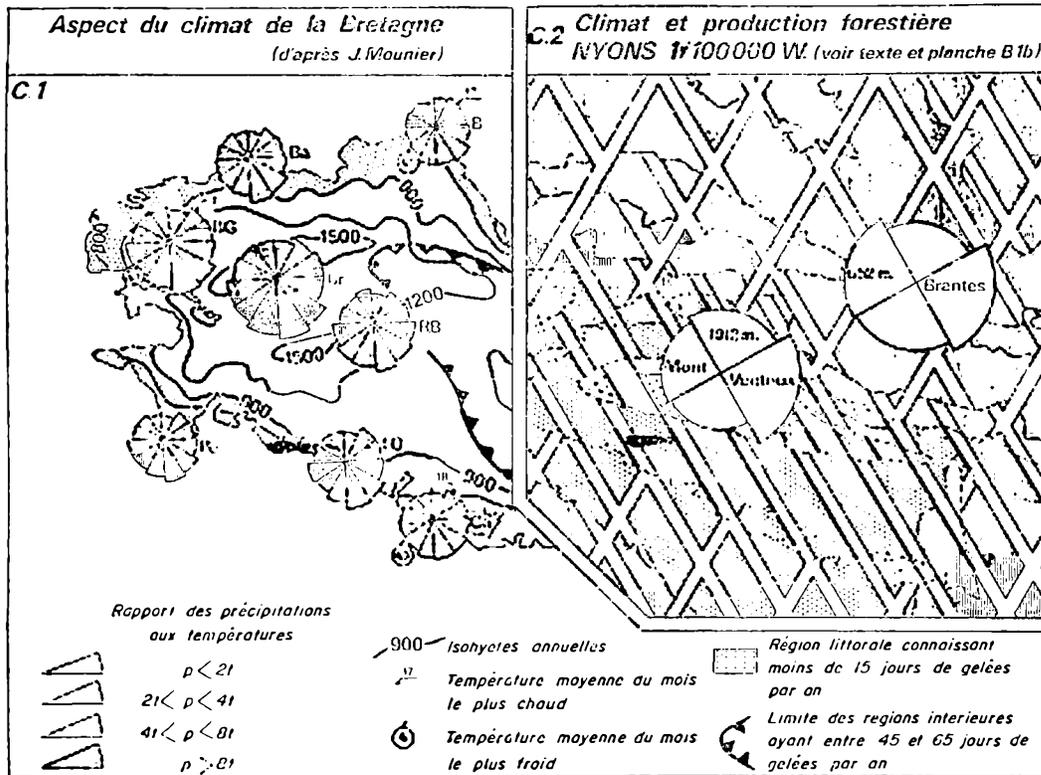


Fig. 6 (C. 1). Presenta esquemas estacionales que sintetizan la relación entre temperaturas y precipitaciones, dibujados sobre un fondo de isoyetas y de espacios diferenciados según la cantidad de heladas por año.

Fig. 6 (C. 2). Muestra esquemas estacionales de índole estrictamente pluviométrica, con un fondo correspondiente a la producción forestal potencial expresada en metros cúbicos de madera por hectárea al año.

(tomado de Equipe de Recherche, N° 30 Du C. N. R. S., 1967)

signos que la harían incomprendible. También servirán para mostrar aquellos fenómenos que sólo pueden ser representados claramente a escalas diferentes a la de la carta principal (totales pluviométricos anuales y variabilidad interanual de los mismos) o bien aquellos que corresponden a variaciones recientes del

clima o que sólo interesan a ciertos sectores del país (número de días con heladas, duración del manto de nieve, etc.).

Una empresa de este tipo tiene múltiples matices teóricos y técnicos. Entre los primeros cabe destacar los problemas de las escalas, de los elementos climáticos a representarse, de la finalidad últi-

ma de la carta de síntesis, etc. Entre los segundos tienen lugar destacado las dificultades de la confección de documentos, en cuanto a forma, tamaño y estructura de los esquemas estacionales y de los constituyentes de la trama interpolada y del fondo de la carta y, particularmente, en cuanto a los hachurados y colores que deben y pueden utilizarse, habida cuenta de las características de un buen croquis geográfico que ya se han citado y de la necesaria economía que debe cautelarse en la realización de trabajos como el esbozado. /

3.4. *Un Atlas Climático para Chile.*

En concordancia con todo lo anteriormente planteado aparece la idea de preparar un Atlas Climático de Chile. El Primer Simposio de Climatología, realizado bajo la responsabilidad de IREN-CORFO a fines de julio de 1970, incluyó entre sus conclusiones la siguiente: "El Atlas Climático de Chile surge como una necesidad de obtener un información meteorológica sistematizada para ser utilizada ampliamente por organismos e investigadores preocupados de la evaluación y planificación de los recursos naturales como asimismo en la investigación pura y en la docencia. El Atlas Climático está concebido como una descripción completa del clima en cuanto recurso natural, representado en la forma gráfica y estadística más variada posible".

En una aproximación muy general a los contenidos del Atlas se ha convenido en que debe incluir mapas, gráficos y es-

tadísticas concernientes a precipitaciones (isoyetas de sumas anuales y mensuales de precipitaciones, isolíneas que representen probabilidades de precipitaciones), a temperaturas (isotermas de las temperaturas medias, máximas medias y mínimas medias), a dirección y fuerza media de vientos dominantes, a nubosidad y a humedad relativa media. Algunas cartas especiales deberán mostrar la duración del período vegetativo, del período seco, los valores totales de temperaturas activas, los tipos de tiempo, etc. Además, se buscará la solución cartográfica de síntesis que mejor se acomode a la realidad chilena, tanto desde el punto de vista estrictamente geográfico, como desde el punto de vista de la información disponible para tal evento.

Sobre un formato tipo tabloide, con hojas articuladas en el centro que en el anverso llevarán las cartas y los gráficos y en el reverso las tablas y cuadros estadísticos, se irán preparando los distintos volúmenes del Atlas. Por la mayor cantidad de datos de uso inmediato y por la mayor urgencia que un documento de este tipo tiene para la evaluación y mejor aprovechamiento de los recursos naturales en la Región Central de Chile, es por lo que el primer volumen estará destinado a ella. Posteriormente se dará paso al volumen correspondiente a la región que se extiende entre el río Maule y el canal de Chacao, para —enseguida— continuar con los de las regiones del Norte Chico, Norte Grande y Los Canales.

Geógrafos de las Universidades de

Chile (Sede de Valparaíso) y de Concepción y de IREN-CORFO están prestando su colaboración técnico-científica al proyecto del Atlas Climático. Para la concreción de la idea se requiere la constitución de un equipo con el carácter de estable y que cuente con el apoyo oficial de alguna institución universitaria y/o fiscal, a traducirse en elementos adecuados de trabajo que permitan la conclusión a plazo razonable de la labor iniciada. En la perspectiva de un orden gubernamental en el que el estudio sistemático y la planificación de los recursos de Chile alcancen el rango que merecen, la iniciativa del Atlas Climático del país adquiere visos mucho más evidentes de realización, tanto por su proyección económica como por su valor estrictamente académico.

4. BIBLIOGRAFIA.

4.1. Bibliografía general sobre principios y métodos de los estudios del clima.

- AZZI, GIROLAMO: *Ecología Agraria*. Barcelona, Edit. Salvat, 1959.
- BORDE, JEAN: *Les Andes de Santiago et leur avant-pays*. Bordeaux, Unión Francaise d'Impresión, 1966.
- BRUNET, ROGER: *Le Croquis de Géographie*. Paris, SEDES, 1967.
- CONRAD, V. y POLLACK, L. W.: *Methods in Climatology*. Cambridge, Mas., Harvard University Press, 1962.
- DAVITAYA, F. F.: "Climatic resources of arid zones and their agricultural use in the U.S.S.R." en *Utilization des terres en climat semi-arides méditerranéen*, Colloque UNESCO, Union Géographique Internationale. Heraklion (Grece), 1962.
- DAVITAYA, F. F. y TRUSOV, I.: *Los recursos climáticos de Cuba*. La Habana, Imprenta Nacional, 1965.
- EQUIPE DE RECHERCHE N° 30 DU C.N.R.S.: *Notice de base relative aux projets d'expressions cartographiques des climats aux moyennes et grandes échelles*. Saint Martin d'Heres, 1967.
- DI CASTRI, HAJECK y ASTUDILLO: "Importancia pecuaria de los ambientes desfavorables chilenos", en *Boletín de Producción Animal*. Vol. I, N° 1.
- KOEPPE, WILHELM: *Climatología*, México, Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LIBAULT, ANDRÉS: "L'interprétation des valeurs numériques dans la recherche géographique", en *Annales de Géographie*, N° 320, 1951.
- MAGNESS, J. R. y TRAUB, H. P.: "Climatic adaptation of fruit and nut crops" en *Climate and Man. Yearbook of Agriculture*; Department of Agriculture, Washington, 1941.
- PEDELABORDE, PIERRE: a) *Introduction a l'étude scientifique du climat*. Paris, C.D.U., 1965.
b) "Remarques sur l'emploi de deux notions classiques en Climatologie: les moyennes, les corrélations" en *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. t. XXVIII, 1957.
- PEGUY, CHARLES-PIERRE: a) "Introduction a l'emploi des méthodes statistiques en géographie physique" en *Revue de Géographie Alpine*. t. XXXVI, 1948.
b) *Elements de statistique appliquée aux Sciences Géographiques*. C.D.U., Paris, 1958.
- PEÑA, ORLANDO: a) *Temperatures et régimes thermiques sur deux littoraux montagnards et leurs arrière-pays: les Alpes-Maritimes Françaises et le Chili Central (rapport préliminaire)*, Grenoble 1968.
b) Quelques considérations a propos des températures dans les Alpes Maritimes (comunica-

- ción al Décimo Congreso Internacional de Meteorología Alpina), Grenoble, 1968.
- c) "El Coeficiente de Correlación y las Rectas de Regresión: su aplicación en Geografía", en *Informaciones Geográficas*, Santiago, Número único de 1966; 1969.
- RIMERT, SYLVE: *Cartes et Graphiques*. Paris, SEDES, 1964.
- SPAZHNIKOVA, S. A. y SHASHKO, D. I.: "Agroclimatic conditions of the distribution and appecialization of agriculture" en *Soviet Geography*, Vol. I, Nº 9, 1960.
- SCHNEIDER, Hans: "Densidad de la red de estaciones meteorológicas en Chile. Ensayo de representación (Norte Chico)" (comunicación al Primer Simposio de Climatología), Santiago, 1970.
- UNESCO-FAO (Arid Zone Reserarch): *Bioclimatic Map of the Mediterranean Zone*. Paris, 1963.
- WEISCHET, WOLFGANG: "Die thermische Ungunst der südhemisfärischen hohen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neur dynamischklimatologischer Untersuchungen", en *Regio Brasiliensis*, Heft IX/1, 1968.
- 4.2. *Bibliografía sumaria sobre el clima de Chile.*
- ALMEYDA, ELIAS: a) "Estudio sobre la variabilidad de las lluvias en Chile", en *Anales de la Facultad de Agronomía*, Universidad de Chile, 1935.
- b) *Biografía de Chile*, Santiago, 1943.
- c) "Clima de las costas bañadas por corrientes frias", en *Revista Chilena de Historia y Geografía*. Vol. 104, Santiago, 1946.
- d) *Pluviometría del Desierto y de las Estepas Cálidas*. Santiago, Ed. Universitaria, s/f.
- e) *Geografía Agrícola de Chile*. Padre Las Casas, Imp. San Francisco, 1957.
- AYMEIDA, ELIAS y SAEZ, FERNANDO: *Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos*. Santiago, Ministerio de Agricultura, 1958.
- ANTONIOLETTI, RODRIGO: "Algunas características de los recursos climáticos de Cautín". Inf. Nº 29, t. II. Santiago, IREN-CORFO, 1970.
- EOIS, PHILIPPE: "Las lluvias anuales en Chile. Análisis Estadístico", Depto. Obras Hidráulicas, Univ. Católica de Chile, Publicación Nº 69/4, 1969.
- BOIS, PHILIPPE y VARAS, EDUARDO: "Resumen estadístico de datos meteorológicos de Santiago", Depto. Obras Hidráulicas, Univ. Católica de Chile, Publicación Nº 69/19, 1969.
- CAVIEDES, CESAR y AGUILA, INES: "Los estados de tiempo típicos de Valparaíso, Chile Central" en *Revista Geográfica de Valparaíso*, vol. III, N.os 1-2, 1969.
- FUENZALIDA, HUMBERTO: a) "Climatología", en *Geografía Económica de Chile*, t. I, Santiago, CORFO, 1950.
- b) "Climatología", en *Geografía Económica de Chile*, Texto Refundido, Santiago, CORFO, 1965.
- IREN-CORFO: "Informaciones meteorológicas y climáticas para la determinación de la capacidad de uso de la tierra", Publicación Nº 3, 1964.
- JEFFERSON, MARK: *The rainfall of Chile*. New York, 1921.
- LAUER, WILHELM: "Klimadiagramme" en *Erdkunde*, vol. XIV, Nº 3, 1960.
- PIZARRO, HERNAN y RIVAS RIGOBERTO: "Irregularidad de las precipitaciones en el Norte Chico". Santiago, Oficina Meteorológica de Chile, 1965.
- SCHNEIDER, HANS: a) *El clima del Norte Chico*. Santiago, Departamento de Geografía, Univ. de Chile, 1969.
- b) "La sequía de 1968 en Chile. Algunos antecedentes" en *Informaciones Geográficas*, Santiago, Nº especial 1968-1969, 1970.
- STOGIANNIS, ELENA: *Aplicación de un nuevo valor climático (evapotranspiración potencial) al Norte Chico*. Memoria de Prueba, Facultad de Filosofía y Educación, Univ. de Chile, 1952.

