



Bioclimatología de Chile

di Castri / Hajek

BIOCLIMATOLOGIA DE CHILE

Francesco di Castri

División de Ciencias Ecológicas, UNESCO París.

Ernst R. Hajek

*Instituto de Ciencias Biológicas
Universidad Católica de Chile, Santiago.*

**VICERRECTORIA ACADEMICA DE LA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**

DERECHOS RESERVADOS.
INSCRIPCIÓN N° 45.477, JULIO DE 1976.

AGRADECIMIENTOS

La publicación de este libro ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile, a la que los autores expresan sus agradecimientos.

Los autores agradecen a la Oficina Meteorológica de Chile, por las facilidades otorgadas para la recopilación de la información climatológica.

IMPRESO EN LOS TALLERES DE LA IMPRENTA EDITORIAL DE LA
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE - LIRA 140 - SANTIAGO.

INDICE

I Introducción

II Materiales y métodos

III Representaciones gráficas de pares climáticos

- A Sistema de coordenadas cartesianas con escala en una ordenada

- B Sistema de coordenadas cartesianas con escala en dos ordenadas

- C Consideraciones finales sobre los sistemas de representación climatográfica

IV El concepto de aridez

V El concepto de actividad vegetativa

VI El concepto de período desfavorable

VII El concepto de continentalismo

VIII El clima mediterráneo en Chile

IX Relaciones del clima con el suelo y la vegetación

X Clasificación bioclimática de Chile

RESUMENES

Bioclimatología de Chile (Resumen)

Bioclimatology of Chile (Summary)

Bioklimatologie von Chile (Zusammenfassung)

BIBLIOGRAFIA

I. INTRODUCCIÓN

El objeto de esta monografía es presentar resultados de síntesis, derivados de una serie de investigaciones sobre problemas bioclimatológicos de Chile, con el fin de llegar a un balance crítico de lo realizado que sirva para echar las bases de las futuras líneas de investigación en este campo.

En general, la importancia de estas investigaciones naturalistas, además de sus implicaciones estrictamente científicas, se fundamenta en la consideración de que, sin un preciso conocimiento de las regiones naturales del país y de su situación ecológica y biogeográfica, no es posible una planificación de las actividades agropecuarias y una explotación de los recursos naturales que se apoyen en principios básicos racionales.

Cabe destacar que estos trabajos bioclimáticos corresponden en gran parte a la línea propiciada por la FAO (1962) como complemento de los estudios sobre producción pecuaria y sanidad animal y por la UNESCO (1958) en su Proyecto Mayor sobre zonas áridas. En la actualidad, este estudio puede servir de base para la investigación que se realice dentro de los marcos del Programa "El Hombre y la Biosfera" de UNESCO.

Estimamos conveniente adelantar de inmediato algunas acotaciones para delimitar con mayor exactitud el alcance de esta monografía:

a) En ningún momento se pretende entregar una visión completa de la bioclimatología chilena, ni tampoco consignar conclusiones con el carácter de definitivas, sino más bien señalar con claridad el estado actual de los conocimientos y los caminos a seguir.

b) Por esta misma razón, no se presentan aquí mapas de isolíneas que obligarían a una serie de interpolaciones muy inexactas o en todo caso subjetivas. En efecto, el número de Estaciones meteorológicas utilizables para esta finalidad es muy escaso en Chile, sobre todo en las áreas extremas del país y en las zonas andinas (di Castri & Hajek 1961b). Esta situación constituye, por lo demás, una regla en los países sudamericanos, siendo incluso más favorable en Chile que en otros sectores de la costa pacífica; el mapa ecológico del Perú, por ejemplo, fue llevado a cabo contando con un número mucho más limitado de Estaciones (Tosi 1960).

c) No se ha estimado oportuno, por el momento, considerar la vegetación como un indicador climático totalmente fidedigno para completar un eventual trazado de isolíneas, en parte debido a que los mapas vegetacionales de Chile dejan todavía que desear a causa del estado preliminar de las investigaciones; en parte porque en el ambiente chileno no siempre es fácil diferenciar las formaciones clímax de las asociaciones derivadas de la intervención humana en épocas históricas o bien de los relictos de anteriores períodos climáticos.

d) El enfoque dado a este trabajo se ajusta más a puntos de vista de ecólogos que de climatólogos y mucho menos de meteorólogos. En este sentido, sólo se analizan los elementos climáticos de real y amplia significación para el desarrollo de la vida animal o vegetal, sin discutir los factores meteorológicos que han condicionado la existencia y la intensidad de estos elementos, como serían por ejemplo las áreas ciclónicas y anticiclónicas, los frentes polares, etc.

e) En esta monografía no se desea llegar a un estudio comparativo de todos los métodos de representación gráfica del clima, ni mucho menos al cálculo de los innumerables índices bioclimáticos que en este siglo han sido propuestos para diferentes países y distintas condiciones ambientales. Con criterio por cierto algo arbitrario, hemos seleccionado los que juzgamos más adecuados a las características climáticas del país o bien aquellos de utilización más generalizada que permitieran confrontar nuestros resultados con los obtenidos en el extranjero.

f) En la selección de estos métodos, hemos dirigido nuestras preferencias a los originados en zonas climáticamente análogas, particularmente a aquellos que se formularon para áreas europeas y africanas de clima mediterráneo, ya que gran parte del territorio chileno corresponde a este bioclima. Además, hemos dado prioridad a los índices sencillos, considerando que incluso las fórmulas más elaboradas y complejas sólo pueden entregar datos convencionales; el factor de sencillez y de facilidad de representación llega a ser entonces el más importante.

Las investigaciones sobre bioclima de Chile son relativamente recientes y faltan trabajos básicos de cierta antigüedad sobre aspectos propiamente climáticos, si se exceptúan los de Hettner (en Lauer 1960), de Knoche (1929) de Jefferson 1921 (en Almeyda 1948) y algunos pocos más. Una clasificación que no ha perdido todavía actualidad y que entrega útiles antecedentes también para enfoques bioclimáticos es la de Fuenzalida (1950), basada en los principios de Köppen. Se debe a Almeyda (Almeyda 1948, Almeyda & Sáez 1958) la determinación de regímenes pluviométricos

y un trazado de isoyetas realizado con bastante exactitud si se considera la escasez de datos existentes.

Un primer análisis del clima chileno de acuerdo a enfoques verdaderamente bioclimáticos se debe a Lauer (1952, 1960 y 1961) quien, considerando también datos chilenos, realizó un estudio crítico de distintos índices y gráficos climáticos. En cuanto al aspecto microclimático citamos la contribución de Schwabe (1956). Finalmente, algunos trabajos de Ecología vegetal, entre los cuales mencionamos los de Pisano (1950), Schmithüsen (1956) y Oberdorfer (1960), consignan una serie de antecedentes indispensables para una comprensión bioclimática del país.

Dentro de la misma línea de esta monografía, deben señalarse también algunas notas preliminares (di Castri & Hajek 1961a y 1961b, di Castri et al. 1961 y 1962), cuyas conclusiones se incluyen y se reconsideran parcialmente en esta oportunidad. Se proseguirá en los trabajos sucesivos con análisis bioclimáticos regionales y con estudios críticos sobre algunos conceptos básicos en el ambiente chileno, dando particular énfasis a los de aridez, de período desfavorable y de tendencia mediterránea.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos empleados en la realización de este trabajo se obtuvieron por recopilación directa en la Oficina Meteorológica de Chile en Santiago.

Estos antecedentes se tabularon, calculándose después medias mensuales y anuales de temperatura máxima, media y mínima, de precipitaciones y de humedad relativa. Sucesivamente, se traspasaron estos resultados parciales a tarjetas sinópticas diseñadas ad hoc para facilitar el escrutinio y la confrontación de los datos. También los resultados finales de los índices bioclimáticos fueron inscritos en estas mismas fichas.

Después de analizar los datos existentes, se llegó a la determinación de aceptar y considerar válidas para este trabajo las informaciones de 107 Estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del país, incluyendo las islas de Pascua y Juan Fernández y la Antártida.

Además, se ha estimado oportuno diferenciar:

a) *Estaciones principales*, que comprenden aquellas con más de 7 años de observaciones y con todos los antecedentes necesarios para esta investigación, es decir, temperaturas máxima, mínima y media, precipitaciones y humedad relativa.

b) *Estaciones accesorias*, con los mismos datos antes señalados, pero con un menor número de años de observación.

c) *Estaciones incompletas*, en que faltan algunos de los antecedentes citados, por lo general humedad relativa y temperaturas máximas y mínimas.

Hemos tomado en consideración los datos de las Estaciones accesorias o incompletas sólo en aquellos casos en que éstas eran las únicas presentes en amplias zonas del territorio chileno. Vale la pena señalar, incidentalmente, que esta cifra global de 107 Estaciones es extremadamente baja para permitir obtener una visión de conjunto relativamente completa de un país de 4.200 km de largo. Existen, por cierto, en Chile numerosas Estaciones más que cuentan con datos pluviométricos (Almeyda & Sáez 1958). Sin embargo, no habrían podido ser contempladas en este trabajo que se basa esencialmente en la relación entre pares climáticos.

El cuadro 1 consigna la lista de las Estaciones meteorológicas consideradas, de las cuales 81 son principales, 11 accesorias y 15 incompletas. Contiene además su ubicación geográfica, altitud, número de años de observaciones y las medias anuales de los principales datos climáticos. Cada Estación lleva un número de orden correlativo por latitud creciente, del 1 al 107 (Fig. 1) que ya ha sido adoptado en un trabajo anterior (di Castri et al. 1962) y que se repetirá en el curso de esta monografía y en las publicaciones sucesivas de la misma serie. También en la mayoría de las otras figuras, las Estaciones se identificarán únicamente con este número correlativo.

Las fórmulas para calcular los distintos índices estudiados y los métodos para el trazado de gráficas climáticas se entregarán en cada capítulo antes de los resultados y de la discusión.

Finalmente, para analizar críticamente la correspondencia entre los datos climáticos y las respuestas biológicas, se han realizado en gran parte del territorio nacional observaciones personales de campo sobre la vegetación y se han considerado los

CUADRO N° 1

UBICACION GEOGRAFICA Y PRINCIPALES DATOS CLIMATICOS DE ESTACIONES
METEOROLOGICAS CHILENAS

Geographical location and main climatic data of Chilean meteorological stations

UBICACION GEOGRAFICA							DATOS CLIMATICOS (medias anuales)					Años de observación			
N°	ESTACION	PROV.	COORDENADAS GEOGRAF.		Altitud m	Temperatura		Humedad Relativa %	Precipitaciones mm	Tem.	Hum. rel.	Prec.			
			Latitud s	Longitud w		Máx. °C	Med. °C						Min. °C		
1	ARICA	Tarapacá	18°	28'	70°	22'	29	22.2	18.7	15.1	76	0.6	45	40	44
2	IQUIQUE	Tarapacá	20°	12'	70°	11'	515	21.2	17.9	14.1	80	2.1	30	35	49
3	LOS CONDORES	Tarapacá	20°	15'	70°	07'	518	19.0	15.5	10.2	72	0.0	7	7	7
4	° CANCHONES	Tarapacá	20°	25'	69°	35'	960	30.9	16.7	4.6	52	0.6	8	5	7
5	° COLONIA PINTADOS	Tarapacá	20°	37'	69°	39'	977	28.7	16.7	5.9	59	0.3	8	4	13
6	°° COLLAHUASI	Tarapacá	21°	00'	68°	45'	4.800	7.1	- 0.8	- 5.6	(*)	80.1	1		3
7	°° OLLAGÜE	Antofagasta	21°	13'	68°	16'	3.700	(*)	6.8	(*)	(*)	70.6	7		7
8	°° CHUQUICAMATA	Antofagasta	22°	18'	68°	55'	2.710	20.1	11.3	3.0	(*)	9.0	1		5
9	°° CALAMA	Antofagasta	22°	27'	68°	56'	2.260	25.5	13.3	3.3	(*)	0.0	2		2
10	°° SN. PEDRO DE ATACAMA	Antofagasta	22°	59'	68°	12'	2.436	(*)	14.1	(*)	(*)	42.8	3		1
11	CERRO MORENO	Antofagasta	23°	29'	70°	26'	119	20.1	17.0	13.3	72	2.2	7	7	7
12	°° CACHINAL	Antofagasta	24°	58'	69°	34'	2.700	(*)	10.8	(*)	(*)	2.9	1		1
13	REFRESCO	Antofagasta	25°	19'	69°	52'	1.850	25.3	14.4	6.0	48	9.2	20	14	20
14	TALTAL	Antofagasta	25°	25'	70°	34'	39	22.0	17.4	14.5	69	25.1	17	21	21
15	CHAÑARAL	Atacama	26°	20'	70°	37'	9	19.3	16.4	12.2	70	1.7	7	7	7
16	POTRERILLOS	Atacama	26°	30'	69°	27'	2.850	16.6	11.3	7.2	27	52.2	28	28	41
17	CALDERA	Atacama	27°	03'	70°	58'	28	19.7	16.1	12.9	80	25.8	36	36	49
18	ISLA DE PASCUA	-----	27°	10'	109°	26'	41	24.3	20.4	16.8	81	1.149.3	35	29	48
19	COPIAPO	Atacama	27°	21'	70°	24'	370	25.5	16.3	8.5	68	29.4	23	23	23
20	° VALLENAR	Atacama	28°	35'	70°	46'	470	23.2	16.0	8.0	63	20.9	10	6	10
21	LA SERENA	Coquimbo	29°	54'	71°	15'	32	18.9	14.8	11.2	80	127.4	36	40	91
22	PUNTA TORTUGA	Coquimbo	29°	55'	71°	22'	25	17.7	14.7	11.8	83	102.6	36	36	49
23	VICUNA	Coquimbo	30°	02'	70°	44'	620	24.7	15.5	8.3	61	157.1	8	8	10
24	OVALLE	Coquimbo	30°	36'	71°	12'	220	23.5	15.2	9.2	71	134.0	35	35	48
25	ZAPALLAR	Aconcagua	32°	33'	71°	30'	30	17.9	14.2	11.0	83	331.3	16	16	16

26	BAÑOS DE JAHUEL	Aconcagua	32°	41'	70°	39'	1.180	23.3	15.6	9.7	60	305.4	23	23	22
27	QUINTERO	Valparaíso	32°	47'	71°	32'	2	17.2	13.9	8.1	82	281.6	7	7	7
28	° LLAY LLAY	Valparaíso	32°	50'	70°	59'	385	24.1	14.3	7.5	69	387.2	4	4	4
29	LOS ANDES	Aconcagua	32°	50'	70°	37'	816	24.6	15.4	7.3	60	310.4	36	36	41
30	° JUNCAL	Aconcagua	32°	52'	70°	10'	2.250	16.2	9.3	3.8	52	287.2	8	8	5
31	QUILLOTA	Valparaíso	32°	53'	71°	16'	128	22.1	14.4	8.3	80	424.2	34	27	39
32	PUNTA ANGELES	Valparaíso	33°	01'	71°	38'	41	19.0	14.8	10.6	76	448.7	36	48	91
33	EL BELLOTO	Valparaíso	33°	03'	71°	24'	121	22.1	15.5	6.8	73	334.2	7	7	7
34	° QUILPUE	Valparaíso	33°	04'	71°	30'	101	21.8	14.4	6.7	79	588.4	3	3	28
35	PEÑABLANCA	Valparaíso	33°	04'	71°	23'	154	22.2	14.9	9.8	75	382.3	8	8	9
36	COLINA	Santiago	33°	12'	70°	40'	542	23.0	16.1	6.3	64	354.5	7	7	7
37	° MAITEN REDONDO	Santiago	33°	18'	70°	22'	2.600	(°)	12.0	(°)	(°)	991.4	1		1
38	SANTIAGO	Santiago	33°	27'	70°	42'	520	22.1	13.9	7.7	72	356.2	36	71	90
39	LOS CERRILLOS	Santiago	33°	30'	70°	42'	506	22.2	13.8	6.5	70	310.1	7	7	7
40	° SAN ANTONIO	Santiago	33°	34'	71°	37'	5	16.5	13.2	9.2	(°)	441.3	2		15
41	° LO ESPEJO	Santiago	33°	34'	70°	42'	580	21.1	13.5	7.2	72	480.2	3	3	3
42	EL BOSQUE	Santiago	33°	34'	70°	41'	580	21.4	15.8	6.5	64	329.9	7	7	7
43	ISLA JUAN FERNANDEZ	-----	33°	37'	78°	52'	6	17.9	15.3	12.2	76	1.152.2	36	36	49
44	SAN JOSE DE MAIPO	Santiago	33°	39'	70°	22'	1.060	21.5	12.9	6.2	60	623.2	12	12	38
45	SEWELL	O'Higgins	34°	06'	70°	22'	2.134	14.5	9.5	5.0	50	1.052.2	39	25	42
46	RANCAGUA	O'Higgins	34°	10'	70°	45'	500	20.3	14.7	6.2	72	562.8	7	7	7
47	° RENGÓ	O'Higgins	34°	24'	70°	52'	139	21.7	14.1	7.4	74	600.7	5	5	22
48	SAN FERNANDO	Colchagua	34°	35'	71°	00'	342	19.7	13.4	7.9	78	777.3	40	40	42
49	CURICO	Curicó	34°	58'	71°	13'	225	21.9	14.3	7.6	76	733.8	39	39	41
50	MOLINA	Talca	35°	05'	71°	16'	235	21.2	13.2	6.5	78	920.5	8	7	26
51	CONSTITUCION	Maule	35°	20'	72°	56'	7	19.2	13.9	8.9	78	942.8	19	17	42
52	TALCA	Talca	35°	26'	71°	40'	97	22.1	14.8	7.7	70	712.8	19	36	49
53	PUNTA CARRANZA	Maule	35°	36'	72°	38'	30	15.8	12.7	9.3	85	831.6	36	40	48
54	PANIMAVIDA	Linares	35°	46'	71°	24'	197	20.5	13.4	6.8	78	1.106.6	13	13	22
55	LINARES	Linares	35°	51'	71°	36'	157	20.3	13.9	7.9	76	1.007.1	40	40	49
56	CAUQUENES	Maule	35°	59'	72°	22'	177	22.4	14.9	8.1	70	717.3	20	20	64
57	CHILLAN	Ñuble	36°	36'	72°	02'	118	20.6	14.0	7.6	69	1.034.2	8	15	47
58	PUNTA TUMBES	Concepción	36°	37'	73°	06'	120	15.6	12.3	9.0	84	828.7	36	36	49
59	TALCAHUANO	Concepción	36°	43'	73°	07'	84	16.7	12.6	8.8	83	1.132.3	14	14	42
60	CONCEPCION	Concepción	36°	50'	73°	02'	15	18.8	12.4	7.2	87	1.308.2	10	10	10
61	ISLA SANTA MARIA	Concepción	36°	59'	73°	32'	79	15.3	12.2	9.6	87	875.8	19	15	47
62	PUNTA LAVAPIE	Arauco	37°	08'	73°	35'	46	16.3	13.3	9.6	82	803.9	20	20	28
63	LOS ANGELES	Bío-Bío	37°	28'	72°	21'	130	20.1	13.7	8.1	75	1.310.5	16	12	39
64	° LEBU	Arauco	37°	37'	73°	40'	20	17.4	13.0	9.6	35	1.302.2	2	2	21

UBICACION GEOGRAFICA							DATOS CLIMATICOS (medias anuales)					Años de observación			
Nº	ESTACION	PROV.	COORDENADAS		GEOGRAF. Longitud w	Altitud m	Temperatura		Humedad Relativa %	Precipita- ciones mm	Tem.	Hum. rel.	Prec.		
			Latitud s	Longitud w			Máx. °C	Med. °C						Min. °C	
65	ANGOL	Malleco	37°	49'	72°	39'	77	19.8	12.8	7.4	69	953.2	20	16	29
66	CONTULMO	Arauco	38°	02'	73°	12'	38	19.7	12.6	7.2	82	1.896.1	36	36	43
67	VICTORIA	Malleco	38°	13'	72°	21'	360	17.0	12.4	5.1	76	1.329.3	7	7	7
68	TRAIGUEN	Malleco	38°	15'	72°	40'	170	18.7	12.0	6.8	78	1.241.2	30	36	48
69	ISLA MOCHA W	Arauco	38°	21'	73°	58'	20	15.3	12.6	9.5	88	1.372.9	16	18	16
70	ISLA MOCHA E	Arauco	38°	22'	73°	54'	30	15.6	12.7	9.3	81	1.260.2	24	20	59
71	** CULLINCO	Malleco	38°	22'	72°	15'	377	16.7	10.6	5.5	(*)	1.557.9	6		10
72	LONQUIMAY	Malleco	38°	26'	71°	15'	900	16.4	8.6	0.9	75	1.944.6	36	32	44
73	TEMUCO	Cautín	38°	45'	72°	35'	114	18.4	12.0	7.0	80	1.324.8	34	31	45
74	PUERTO DOMINGUEZ	Cautín	38°	54'	73°	14'	5	16.3	11.5	6.9	83	1.580.7	34	18	18
75	** LONCOCHE	Cautín	39°	23'	72°	38'	112	(*)	14.2	(*)	(*)	2.402.0	7		31
76	VALDIVIA	Valdivia	39°	48'	73°	14'	9	16.9	11.9	7.5	83	2.348.7	40	36	49
77	PUNTA GALERA	Valdivia	40°	01'	73°	44'	40	13.8	11.3	8.5	87	2.077.2	30	16	49
78	* RIO BUENO	Valdivia	40°	19'	72°	55'	58	17.1	11.3	6.0	81	1.235.3	20	4	45
79	OSORNO	Osorno	40°	35'	73°	09'	24	16.8	12.5	4.5	80	1.216.9	7	7	7
80	FRUTILLAR	Llanquihue	41°	07'	72°	59'	139	14.7	10.3	5.7	82	1.659.1	19	19	22
81	PUERTO MONTT	Llanquihue	41°	28'	72°	57'	5	15.1	11.2	7.7	85	2.341.8	45	30	49
82	** MAULLIN	Llanquihue	41°	37'	73°	35'	47	15.2	9.7	6.0	(*)	1.915.1	30		38
83	PUNTA CORONA	Chiloé	41°	47'	73°	52'	56	13.1	10.7	7.8	87	2.410.5	30	36	50
84	PUDETO	Chiloé	41°	54'	73°	48'	11	14.5	11.0	5.9	84	1.808.7	7	7	7
85	** MORRO LOBOS	Chiloé	42°	04'	73°	24'	70	13.2	9.5	6.7	(*)	2.445.7	15		15
86	CASTRO	Chiloé	42°	29'	73°	48'	80	15.7	11.6	4.7	82	1.598.5	7	7	7
87	QUELLON	Chiloé	43°	10'	73°	43'	4	13.4	10.6	7.1	80	2.047.7	7	7	7
88	** FUTALEUFU	Chiloé	43°	12'	71°	52'	330	(*)	10.1	(*)	(*)	2.150.3	7		7
89	ISLA GUAFO	Chiloé	43°	34'	74°	45'	140	11.6	9.7	7.5	86	1.409.0	30	30	49
90	** MELINKA	Chiloé	43°	54'	73°	46'	5	13.3	10.0	6.9	(*)	3.137.7	12		12
91	RIO CISNES	Aysén	44°	45'	72°	00'	700	12.4	7.6	0.5	72	701.8	7	7	7
92	PUERTO AYSÉN	Aysén	45°	24'	72°	42'	10	12.7	9.0	5.6	86	2.940.6	19	19	29
93	COYHAIQUE	Aysén	45°	29'	71°	33'	140	12.6	9.0	4.2	71	1.164.1	10	10	10

94	BALMACEDA	Aysén	45°	54'	71°	43'	520	11.6	7.3	1.1	68	572.4	10	10	10
95	CHILE CHICO	Aysén	46°	36'	71°	43'	382	15.4	11.5	5.1	58	191.1	7	7	7
96	CABO RAPER	Aysén	46°	50'	73°	36'	40	11.5	8.6	5.9	89	1.925.0	21	23	47
97	SAN PEDRO	Aysén	47°	43''	74°	55'	22	11.0	8.2	5.3	91	4.266.3	19	9	28
98	PUERTO EDEN	Magallanes	49°	08'	74°	25'	6	10.1	7.2	5.4	84	2.373.1	7	7	7
99	CERRO GUIDO	Magallanes	50°	55'	72°	30'	815	12.0	7.7	0.9	61	274.5	7	7	7
100	* PUERTO BORIES	Magallanes	51°	42'	72°	31'	22	12.2	6.8	3.8	70	303.8	3	10	12
101	EVANGELISTAS	Magallanes	52°	24'	75°	06'	55	8.3	6.4	4.1	83	2.569.7	38	32	49
102	PUNTA DUNGENESS	Magallanes	52°	24'	68°	26'	5	10.2	7.1	4.0	75	253.8	40	30	49
103	PUNTA ARENAS	Magallanes	53°	10'	70°	54'	8	10.0	6.7	3.3	74	447.5	40	40	49
104	SAN ISIDRO	Magallanes	53°	47'	70°	58'	20	8.6	5.9	2.9	81	848.5	39	31	39
105	** RIO DOUGLAS	Magallanes	55°	10'	68°	07'	5	9.2	5.5	1.5	(*)	931.3	4		4
106	NAVARINO	Magallanes	55°	10'	67°	30'	8	9.0	5.9	2.7	84	450.8	14	8	22
107	BASE ANTARTICA "G.G.V."	-----	64°	49'	62°	52'	10	2.7	-3.3	-6.0	74	660.1	7	7	7

(*) SIN INFORMACION

* ESTACION ACCESORIA

** ESTACION INCOMPLETA

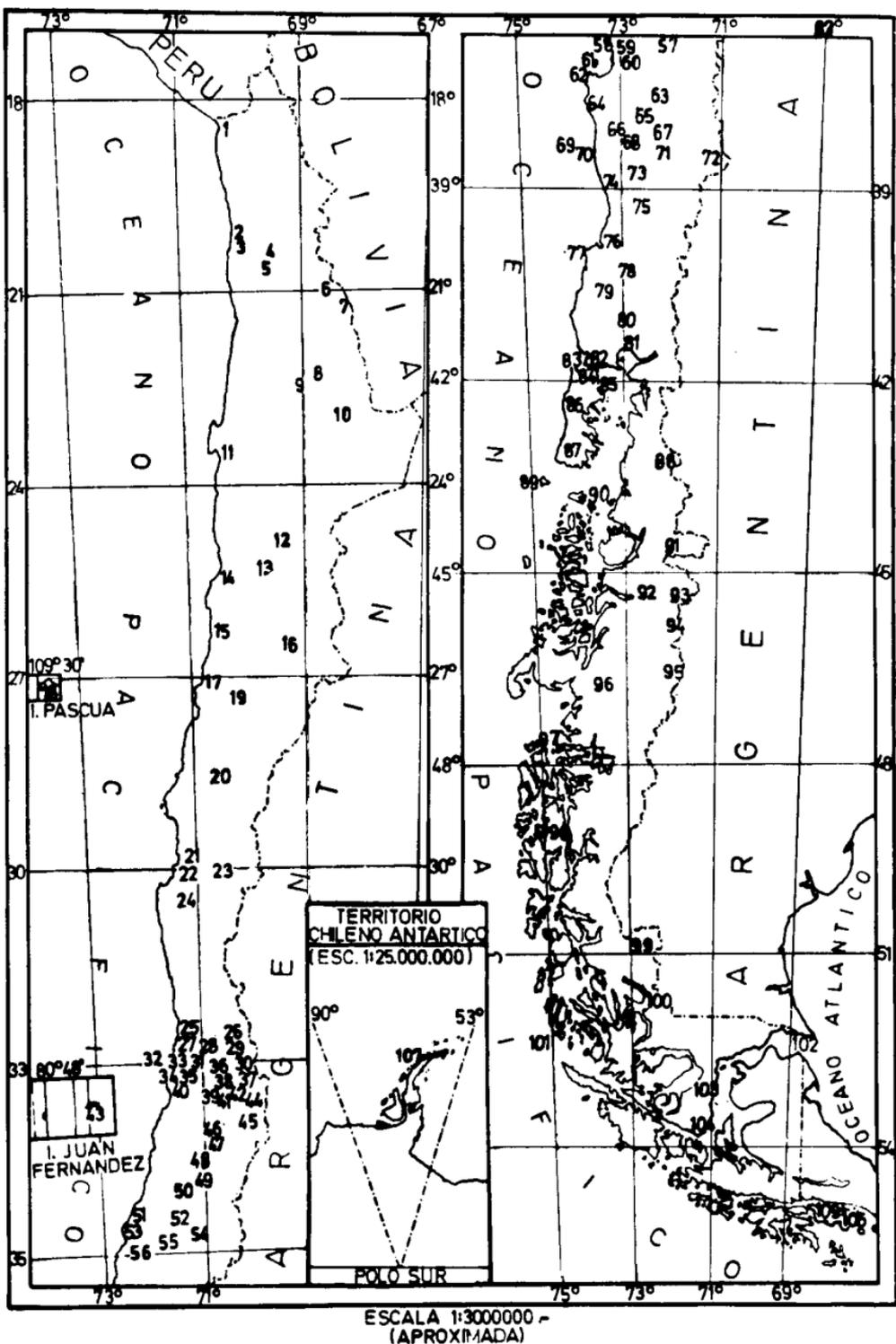


FIG. 1. UBICACION GEOGRAFICA DE LAS 107 ESTACIONES METEOROLOGICAS CONSIDERADAS.

GEOGRAPHICAL LOCATION OF THE 107 METEOROLOGICAL STATIONS.

resultados de investigaciones sobre las comunidades de animales del suelo (di Castri 1963).

III. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PARES CLIMÁTICOS

La representación conjunta de pares climáticos es una técnica que ha tenido gran difusión, especialmente en los últimos años, ya que permite configurar en forma gráfica y con mucha claridad las tendencias climáticas y facilita las comparaciones a nivel regional (Dansereau 1957, Gausson 1956, Walter 1957, Wright 1959).

Un análisis crítico sobre la historia de las distintas gráficas climáticas puede consultarse en Lauer (1960) y no insistiremos particularmente en este aspecto. Sin embargo, nos parece necesario destacar, una vez más, que el estudio por separado de un solo elemento climático es de escaso significado biológico; según una cita anónima (en Bodenheimer 1958) "el estudio de las variaciones de la influencia de un solo factor climático no permite conocer una situación, sino en la proporción del 10% a lo sumo, en lo que concierne a los organismos vivientes". Además, muchas veces el verdadero factor limitante para la vida animal o vegetal no es sino una combinación de factores. Sobre todo la influencia combinada de temperatura y humedad (o precipitaciones) es de importancia fundamental en la distribución y en el crecimiento de las plantas, como también en la repartición y en las fluctuaciones estacionales de los animales.

La serie de trabajos realizados para poner en evidencia los climas análogos a la zona del canal de Panamá (Chambers & Blaut 1958, Thompson 1958), representando por separado mapas con gradientes de similitud de elementos climáticos aislados en relación al clima de Panamá (temperatura máxima y mínima de los meses más cálidos o fríos, humedad relativa, precipitaciones, etc.) constituye, a nuestro entender, una clara demostración de la dificultad de alcanzar con estas técnicas analíticas resultados de real validez biológica.

A pesar de cierta confusión en la terminología que se observa en la literatura, la mayoría de las representaciones gráficas del clima puede agruparse, bajo el simple punto de vista de su elaboración, en dos grandes categorías:

a) La que emplea un sistema de coordenadas cartesianas simples, colocando por lo general en la ordenada la temperatura y en la abscisa las precipitaciones o la humedad relativa. El ejemplo clásico de este tipo está dado por climógrafos e hiterógrafos (di Castri et al. 1961, Koepe & de Long 1958, Lorente 1961, Wright 1959).

b) La que utiliza un sistema de coordenadas cartesianas con dos ejes de ordenadas, destinados a dos elementos climáticos de naturaleza y escala variable según los autores, y disponiendo en la abscisa los doce meses del año (Euverte 1959, Gaussen 1955a y 1956, Thornthwaite 1948, UNESCO-FAO 1963, Walter 1960a y 1960b, Walter & Lieth 1960).

A) Sistema de coordenadas cartesianas con escala en una ordenada

Los gráficos de este tipo se utilizan sobre todo para representar las relaciones de la temperatura con las precipitaciones o la humedad, pero pueden servir también para analizar una serie de otros factores ecológicos pareados (insolación, salinidad, ciclos lunares, porcentaje de cubierta vegetal, etc.). Mayores antecedentes al respecto pueden consultarse en Bodenheimer (1955 y 1958), Koeppel & de Long (1958), Miller (1957), Odum & Odum (1959) y Shelford (1962).

Sólo consideraremos en este capítulo los climógrafos (= termohigrogramas) que oponen la humedad relativa a la temperatura, y los hiterógrafos (Wright 1959), llamados también hyetérgrafos (Lorente 1961) o termohidrogramas, que relacionan la temperatura con las lluvias. Destacamos que algunos autores engloban estos dos gráficos bajo la denominación única de climógrafos o climogramas.

La técnica de confección de ambos es por lo demás sencilla: en un sistema de coordenadas cartesianas se colocan las temperaturas medias mensuales en el eje de las ordenadas, trazando en el de las abscisas las humedades relativas mensuales tratándose de los climógrafos (Fig. 2), o las precipitaciones mensuales en el caso de los hiterógrafos (Fig. 3). Cada punto representa así las condiciones medias de cada mes en cuanto a los factores analizados. La unión de estos puntos constituye un polígono cuya ubicación, inclinación, forma y extensión en el diagrama exteriorizan visualmente las características esenciales del clima de una Estación.

Además de ser utilizados para esquematizar el clima de una zona, estos gráficos se han empleado frecuentemente en trabajos de fisiología ambiental o ecología experimental, en especial, referentes a aspectos entomológicos para predecir la aparición e incidencia de plagas de insectos, al considerar la combinación de temperatura y humedad como el principal factor limitante (Bodenheimer 1955, Odum & Odum 1959).

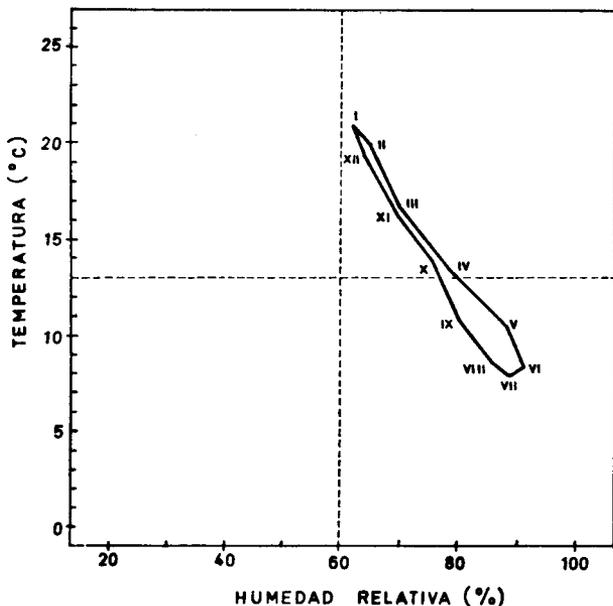


FIG. 2. CLIMOGRFAO (TERMOHIGROGRAMA) DE LINARES. CLIMOGRAPH (THERMOHYGROGRAM) OF LINARES.

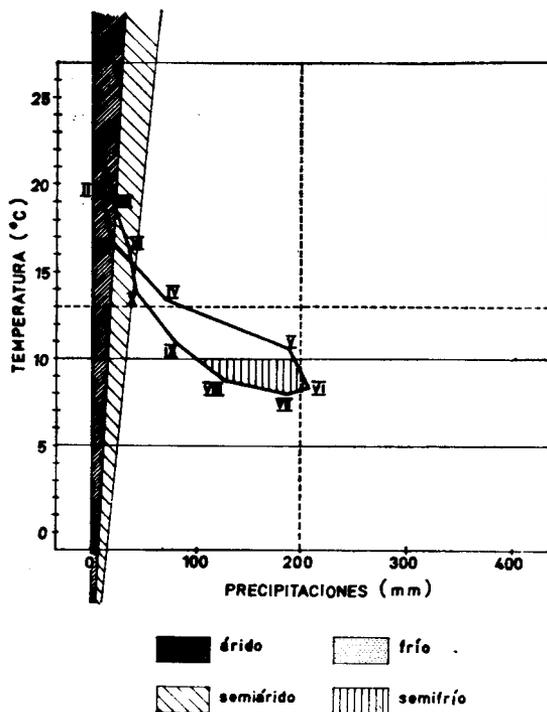


FIG. 3. HITEROGRFAO (TERMOHIDROGRAMA) DE LINARES. HYTHERGRAPH (THERMOHYDROGRAM) OF LINARES.

Su uso se ha popularizado notablemente en ecología pecuaria y agraria para circunscribir las áreas climáticas optimales de una especie y, sobre todo, como método para detectar ambientes homoclimáticos (homoclimas, análogos climáticos), vale decir, como base de comparación para seleccionar zonas de condiciones climáticas semejantes (di Castri et al. 1961, Wright 1959). El fin perseguido con esto es establecer el grado de adaptabilidad que una especie o raza determinada podría presentar al ser introducida desde su área de origen a una nueva región; su significado es de indudable importancia para proyectos de colonización y para el mejoramiento de la productividad agropecuaria, especialmente en ambientes poco favorables. No está demás recalcar que la evidenciación de climas símiles no permite por cierto efectuar una simple copia de los métodos agropecuarios de otra región ni justifica la importación indiscriminada de las razas allí existentes; se trata de un elemento de juicio más en el aspecto de la adecuación ambiental, con el fin de limitar el estudio a ciertas áreas de afinidad ecológica más probable.

En lo que se refiere a la ecología pecuaria, los climógrafos se han utilizado especialmente para estudios sobre ganado vacuno, mientras los hiterógrafos se han aplicado sobre todo en trabajos referentes a los ovinos y, en general, a toda explotación extensiva, debido a la influencia determinante de las lluvias y de la temperatura sobre el forraje natural (Wright 1959).

Para la caracterización de grandes grupos climáticos a partir de los hiterógrafos, Dansereau (1957) define algunas tendencias generales que corresponden bastante estrechamente a los principales tipos de formación vegetal: los *climas constantes* (océánicos o ecuatoriales) se evidencian por hiterógrafos irregularmente redondeados, sin marcadas variaciones de temperatura o precipitaciones; la *tendencia tropical* se reconoce por hiterógrafos situados en la parte superior del diagrama y alargados horizontalmente, debido a las fuertes fluctuaciones pluviométricas estacionales (lluvias en verano) junto a una relativa constancia térmica; la *tendencia mediterránea* se exterioriza por hiterógrafos inclinados hacia la posición derecha e inferior del diagrama, dado que las precipitaciones se concentran en el período frío o invernal; la *tendencia continental* se revela por un hiterógrafo muy extendido verticalmente por las grandes fluctuaciones térmicas, registrándose una relativa constancia pluviométrica o bien cierta concentración de las lluvias en verano; en este último sentido, hay ciertos nexos entre tendencia tropical y continental. Finalmente, las *tendencias polares y desérticas* muestran también hiterógrafos verticales, pero en este caso adosados al lado izquierdo del diagrama, en la parte superior para los desiertos cálidos y en la inferior para los

desiertos fríos o polares. Naturalmente, no hay delimitaciones marcadas entre estas tendencias, verificándose frecuentemente situaciones transicionales.

En la Fig. 4 se han diseñado algunos hiterógrafos típicos de tendencias climáticas existentes en Chile; están representados el desierto cálido (Arica), la evolución hacia un clima subantártico (estepas frías de Punta Dungeness), el clima oceánico cálido (Isla de Pascua) o frío (Evangelistas) y la tendencia mediterránea (Linares), apareciendo aquí la inclinación de los hiterógrafos característica de la mayor parte de las Estaciones chilenas. La forma de estos gráficos permite identificar a grandes rasgos un tipo climático determinado. Debe advertirse que las líneas medias perpendiculares de trazo interrumpido, que subdividen este diagrama en cuatro cuadrantes, han sido establecidas sobre la base de un promedio de los extremos climáticos de Chile; la única finalidad de esto es delimitar la posición exacta de cada gráfico y, por lo tanto, facilitar la comparación climática entre las distintas zonas del país. De aquí se desprende que en ningún momento los cuadrantes concebidos entre estos límites climáticos pueden generalizarse a otras regiones del globo.

Podría objetarse a estos gráficos el hecho de no dar una información clara sobre los principales factores limitantes, es decir, la aridez y el frío. Sin embargo, la Fig. 3 muestra que, con pequeñas modificaciones al esquema clásico, es posible introducir la representación de una serie de elementos. Por ejemplo, en el lado izquierdo de esta figura aparecen dos sectores respectivamente árido y semiárido calculados y trazados sobre la base del índice de aridez mensual de de Martonne, que permiten apreciar fácilmente la extensión temporal del período de aridez; los detalles inherentes a las fórmulas de de Martonne y a su interpretación bioclimática se discutirán en el capítulo sobre "Aridez". En la misma figura se observan también dos líneas enteras ubicadas respectivamente frente a las temperaturas medias mensuales de 5 y de 10 °C cifras que pueden considerarse como límites biológicos importantes en cuanto al efecto del frío sobre el crecimiento de las plantas. De la misma manera podrían adoptarse y esquematizarse otros criterios para definir la aridez o para delimitar los umbrales del frío como factor limitante.

La Fig. 4 evidencia, para diferentes hiterógrafos chilenos, los meses correspondientes a los sectores árido, semiárido, frío y semifrío. Por ejemplo, Punta Dungeness presenta un mes árido, nueve semiáridos y dos húmedos, habiendo sólo tres meses en posición totalmente favorable respecto a la temperatura (sobre la línea de los 10 °C).

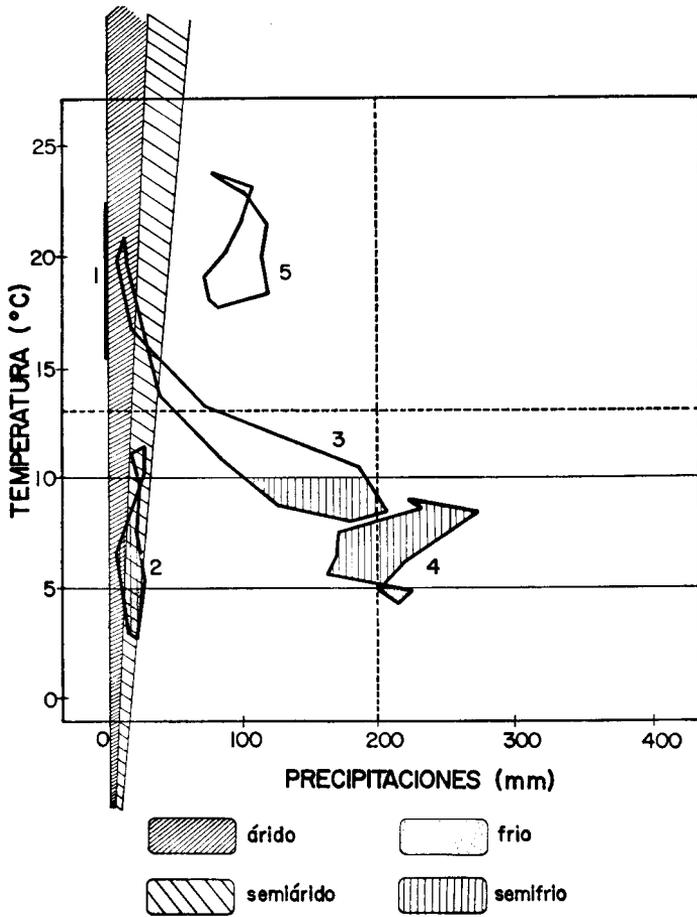


FIG. 4. HITEROGRAFOS CORRESPONDIENTES A DISTINTAS TENDENCIAS CLIMATICAS:
HYTHERGRAPHS BELONGING TO DIFFERENT CLIMATIC TRENDS:

1. ARICA
2. PUNTA DUNGENESS
3. LINARES
4. EVANGELISTAS
5. ISLA DE PASCUA

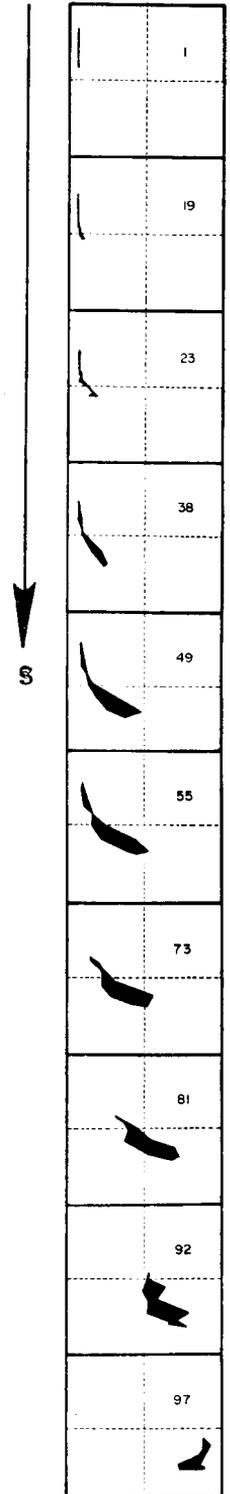


FIG. 5. SECUENCIA DE LOS HITEROGRAFOS CHILENOS DE NORTE A SUR.
SEQUENCE OF THE CHILEAN HYTHERGRAPHS FROM NORTH TO SOUTH.

La Fig. 5 indica la evolución del clima chileno de norte a sur sobre la base de los hiterógrafos de algunas Estaciones típicas, tomando en cuenta principalmente su forma, inclinación y ubicación en el diagrama. Hemos considerado útil descartar para este análisis los altiplanos del norte de Chile y las regiones transandinas del sur, cuyas características climáticas están en cierto modo ajenas a las condiciones imperantes en la mayor parte del país.

El hiterógrafo en el extremo norte de Chile aparece como una simple línea vertical adosada al lado izquierdo del primer cuadrante (superior izquierdo), denotando condiciones absolutamente desérticas; tiende más al sur a bajar lentamente hacia el segundo cuadrante (inferior izquierdo) por la disminución de la temperatura, y al mismo tiempo, a ensancharse en la parte inferior por las precipitaciones invernales, manifestándose los primeros indicios de tendencia mediterránea. La inclinación del eje central y el ensanchamiento inferior aumentan progresivamente hacia latitudes mayores; así a la altura de Santiago el clima es ya netamente mediterráneo. Luego los hiterógrafos tienden a inclinarse cada vez más, a ocupar mayor extensión en el segundo cuadrante y a desplazarse hacia el tercer sector (inferior derecho), debido a la disminución de la temperatura y al aumento de las precipitaciones. A partir de Temuco, y mucho más claramente a la altura de Puerto Montt, el relativo redondeamiento de su parte inferior señala en estos hiterógrafos de tipo mediterráneo las progresivas influencias oceánicas. En Puerto Aysén el hiterógrafo es ya de tipo oceánico, aun cuando su inclinación indique todavía los residuos de la tendencia mediterránea. Finalmente, en San Pedro se desplaza hacia el borde derecho por las precipitaciones extremadamente elevadas y hacia la parte inferior por la baja temperatura. Cabe recordar que en la franja oriental transandina de Chile austral, a la misma latitud de San Pedro, hay un clima semiárido de estepa fría con hiterógrafo perpendicular a la abscisa y ubicado totalmente en el segundo cuadrante.

En un trabajo anterior (di Castri et al. 1961) se hizo hincapié sobre la mayor aplicabilidad de los hiterógrafos respecto a los climógrafos como también sobre su más fácil interpretación para destacar zonas homoclimáticas. Sin embargo, ulteriores observaciones nos han permitido apreciar las ventajas de los climógrafos (termohigrogramas) en algunas condiciones, especialmente en zonas desérticas del norte de Chile, donde, en igualdad de precipitaciones que son siempre extremadamente escasas, las variaciones de la humedad relativa juegan un rol ecológico de primera magnitud. Además, los registros de humedad relativa presentan una constancia muy superior a los de las lluvias, por lo que las mediciones de muy pocos años pueden entregar antecedentes fidedignos. Por observaciones climáticas en el centro-sur de

Chile que se prolongaron por el lapso de algo más de un año (Ferrière 1963, von Frey 1963), pudimos comprobar la notable uniformidad en el trazado de los climógrafos en relación a la forma típica de la zona, siendo por el contrario totalmente irregulares los hiterógrafos.

Por las razones antes señaladas, hemos creído necesario acoplar ambas representaciones, sobreponiéndolas de manera tal que sea posible el análisis simultáneo de los tres factores ecológicos: temperatura, precipitaciones y humedad relativa. Utilizando estos gráficos dobles, que etimológicamente podrían denominarse hiteroclimógrafos, hiterohigrotermogramas o tal vez hidrohigrotermogramas, se ha ensayado la caracterización de todas las provincias chilenas y de algunas zonas insulares, con el fin de evidenciar la secuencia de las más importantes tendencias climáticas a lo largo de Chile. Hemos estimado conveniente introducir estas figuras en la parte inicial del trabajo para entregar una visión de conjunto de las principales condiciones climáticas del país, que sirva como base para análisis y discusiones posteriores en relación a los conceptos de aridez, potencialidad vegetativa, período desfavorable, tendencia mediterránea, continentalismo, etc.

Para todas las provincias en que esto fue posible, se ha establecido mediante estas figuras un corte transversal climático de mar a cordillera. No se han trazado los hiterógrafos y climógrafos de todas las Estaciones a nuestra disposición, sino simplemente aquellos más representativos de cada provincia.

En este acoplamiento de diagramas, hemos colocado siempre el hiterógrafo en la parte superior y el climógrafo en la inferior. En los casos en que está presente un solo esquema, éste es siempre un hiterógrafo, por faltar en algunas Estaciones los datos de humedad relativa necesarios para elaborar un climógrafo.

Los números que aparecen en el cuadrante superior derecho identifican a la Estación, correspondiendo siempre al número correlativo consignado en el cuadro 1. En ninguno de estos diagramas se deja constancia de las escalas de temperatura media, precipitaciones y humedad relativa, pues, a pesar de la reducción de las dimensiones, estos gráficos mantienen las mismas proporciones que en las Figs. 2 y 3. Cabe destacar que la finalidad precisa de estas representaciones gráficas es únicamente la de consignar para cada provincia las tendencias generales del clima y de servir como base de comparación.

En las páginas siguientes, se entrega un análisis muy esquemático de todas las provincias chilenas y de las islas más importantes, de acuerdo a los diagramas climáticos trazados en las figuras 6 a 36. Además se proporcionan, en algunos casos, informaciones complementarias sobre otros elementos climáticos no incluidos en estos gráficos.

Por favor, leer
estas dos notas

Provincia de Tarapacá (Fig. 6)



Desde la costa hasta los primeros contrafuertes cordilleranos, el clima es netamente desértico con precipitaciones casi nulas y en todo caso muy irregulares. La amplitud térmica poco elevada condiciona un tipo de desierto más bien oceánico; en la costa la concentración de la actividad vegetativa en invierno recuerda la tendencia mediterránea, mientras al interior las escasísimas lluvias caen más bien en verano (influencia tropical). Los factores ecológicos más importantes son la neblina costera, el rocío y la humedad relativa; ésta, que en la costa alcanza promedios anuales de 80%, va decreciendo paulatinamente hacia el interior. Durante años anómalos, en correspondencia con el fenómeno de "El Niño" (Avila 1953), sobrevienen lluvias torrenciales que conducen a marcados cambios biológicos (Mann 1949).

En la cordillera, y particularmente en el altiplano (puna), se presentan normalmente lluvias de verano relativamente elevadas (hasta 400 - 500 mm), que confirman la característica en general tropical de esta región; el hecho de que las precipitaciones se localicen en verano, el llamado "invierno boliviano", es de gran importancia biológica, pues corresponden al periodo de mayor eficiencia térmica.

Provincia de Antofagasta (Fig. 7)

En la parte septentrional de esta provincia, hasta aproximadamente el paralelo 24 y un poco más al sur hacia el interior, se repiten las condiciones de la provincia precedente: clima desértico en la costa y al interior, mientras desde los 2.000 - 3.000 m hacia arriba se verifican precipitaciones en el período cálido; éstas, sin embargo, son menores que en Tarapacá. En la parte meridional de la provincia (Taltal y Refresco), la concentración y la relativa regularidad de las escasísimas lluvias en invierno, que constituye el período biológicamente activo, exteriorizan la proyección más septentrional de un clima mediterráneo extremo. Esta tendencia llega a percibirse en la costa aun a la latitud de la ciudad de Antofagasta. También en esta provincia la nubosidad y la humedad relativa van decreciendo netamente desde la costa hacia el interior.

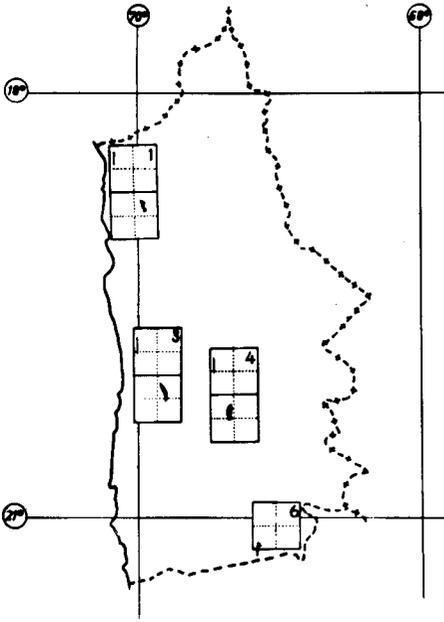


FIG. 6. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE TARAPACA. HYHTERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF TARAPACA.

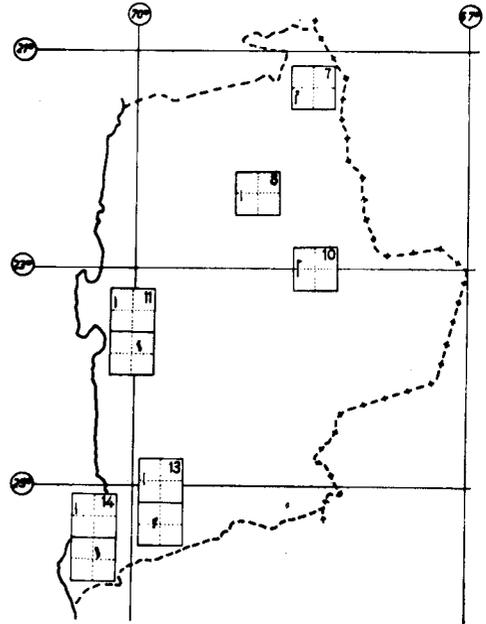


FIG. 7. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA. HYHTERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF ANTOFAGASTA.

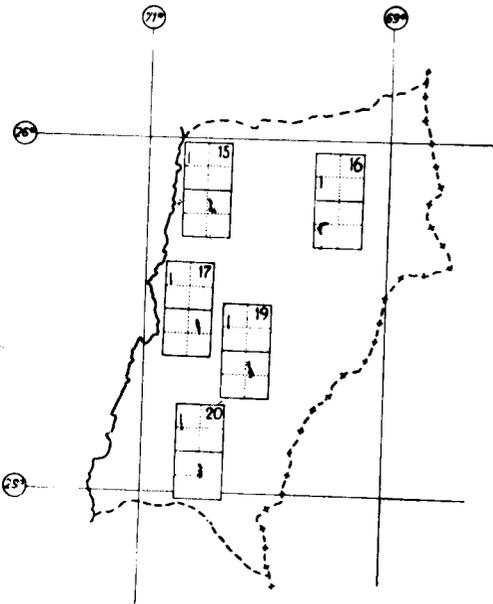


FIG. 8. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE ATACAMA. HYHTERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF ATACAMA.

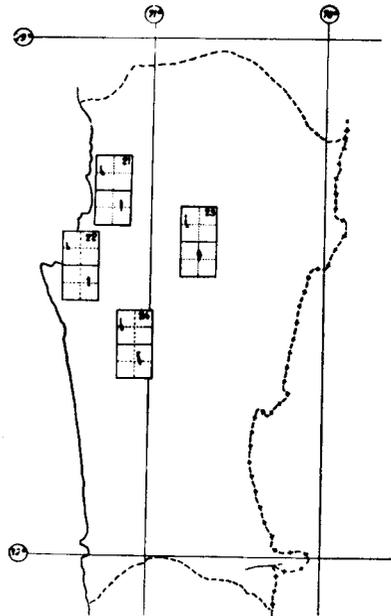


FIG. 9. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE COQUIMBO. HYHTERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF COQUIMBO.

Provincia de Atacama (Fig. 8)

A pesar de que esta provincia suele considerarse de clima desértico, el ensanchamiento inferior de los hiterógrafos por las lluvias invernales indica claramente la presencia de un clima mediterráneo superárido o sahariano en el sentido de Emberger (1955b). Las precipitaciones aumentan hacia el interior, disminuyendo en cambio la humedad relativa, que también aquí constituye un factor ecológico fundamental; en Potrerillos se registran valores medios inferiores a 30% de H.R. La cordillera de la provincia de Atacama constituye una zona de transición entre los regímenes pluviométricos de tipo tropical y mediterráneo.

Provincia de Coquimbo (Fig. 9)

Aun cuando existan en esta provincia condiciones de aridez durante la mayor parte del año (8-10 meses), los hiterógrafos pertenecen sin duda a un tipo mediterráneo. Lamentablemente, faltan informaciones climáticas sobre la parte meridional de esta provincia, que revestiría gran importancia por su carácter transicional. De acuerdo a los datos de las cuatro Estaciones consideradas, un corte transversal de mar a cordillera permite destacar un incremento progresivo de las precipitaciones, que va aparejado a un aumento de la amplitud térmica, y a un descenso de la humedad relativa; sin embargo, estos cambios no son bruscos, pues la estructura fisiográfica en valles transversales facilita la penetración de las influencias marítimas. También en esta provincia las condiciones de humedad y nubosidad en la costa juegan un papel fundamental para el mantenimiento de comunidades vegetales mucho más higrófilas que al interior, las que constituirían "clímax atmosféricos" en el sentido de Holdridge (en Tosi 1960). La extrema variabilidad de las precipitaciones a través de los años es, tal vez, el factor ecológico dominante en la zona, pero esto no puede expresarse por climogramas ni por la mayoría de los índices climáticos.

Provincia de Aconcagua (Fig.10)

En Aconcagua aumenta la tendencia hacia un clima eumediterráneo. La humedad, muy elevada en la costa, disminuye fuertemente al interior, donde se registra un notable incremento de la amplitud térmica diaria y anual, con cierta evolución hacia un leve continentalismo; en los valles interiores son frecuentes las heladas invernales. Ha sido señalada por Fuenzalida (1950) una penetración hacia el sur de esta provincia del clima

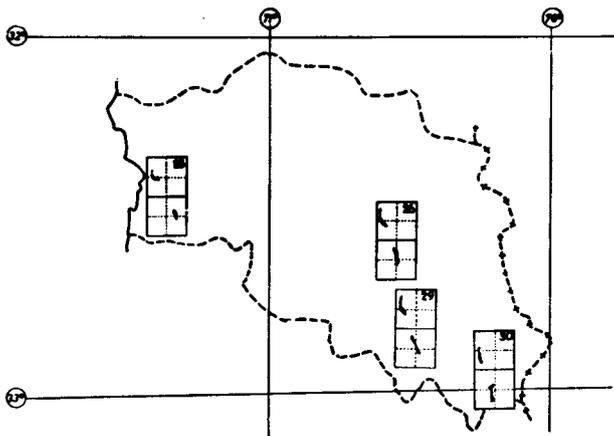


FIG. 10. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE ACONCAGUA.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF ACONCAGUA.

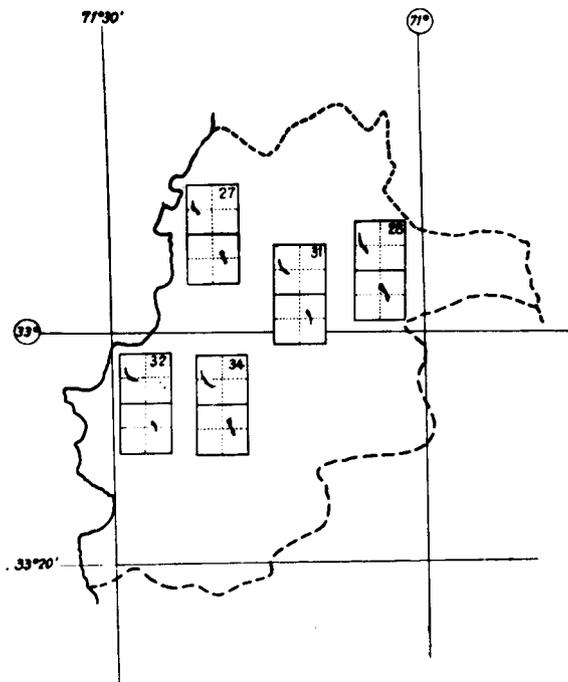


FIG. 11. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE VALPARAISO.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF VALPARAISO.

estepario del Norte Chico; esto es particularmente evidente en la región de Baños de Jahuel y Los Andes.

Provincia de Valparaíso (Fig. 11)

Se observan aquí diferentes tipos de hiterógrafos mediterráneos; relativamente más cortos y menos inclinados en la costa, debido a la menor amplitud térmica por la influencia marítima; más alargados e inclinados al interior, en que a menudo se verifica también una disminución de las precipitaciones anuales. También la humedad relativa decrece hacia el interior, agravándose así las condiciones de déficit hídrico.

Provincia de Santiago (Fig. 12)

El análisis de esta provincia es de particular interés, pues es la única de la zona eumediterránea que cuenta con Estaciones meteorológicas suficientes para conformar un corte transversal completo de mar a cordillera. Los hiterógrafos repiten la tendencia anterior; su forma es redondeada en la costa por la mayor constancia termoplumiométrica, mientras hacia la cordillera se vuelven más inclinados por las fluctuaciones estacionales de la lluvia y más alargados por cierta tendencia continental. Las precipitaciones decrecen de la costa hacia el valle longitudinal, para aumentar nuevamente desde éste hacia la cordillera de los Andes; se dan así las líneas bioclimáticas generales de la zona central de Chile, que se repetirán también en las provincias inmediatamente al sur de la de Santiago. En Colina, y en menor grado en la zona de Santiago, existen áreas de clima más árido y con mayores fluctuaciones térmicas, que reflejan la penetración del clima de estepa algo continental, ya señalada para la provincia de Aconcagua; este fenómeno se debe en gran parte a la presencia de una cordillera de la costa relativamente alta, que actúa como "pantalla", dificultando la infiltración de las condiciones climáticas marítimas. En cuanto a la humedad relativa, ésta decrece progresivamente hacia el este.

Es interesante hacer notar que los hiterógrafos de las zonas precordilleranas y cordilleranas son también de tipo mediterráneo, mostrando así sus afinidades con los climas de las llanuras subyacentes, y aún más con aquellas situadas a latitudes mayores. Sin embargo, esta correspondencia climática no lleva necesariamente aparejado un paralelismo biológico, habiendo contraposición entre la actividad biológica prevalentemente estival en las regiones altas y la actividad invernal o equinoccial en las zonas más bajas, que por lo tanto pertenecen más propiamente a un tipo mediterráneo.

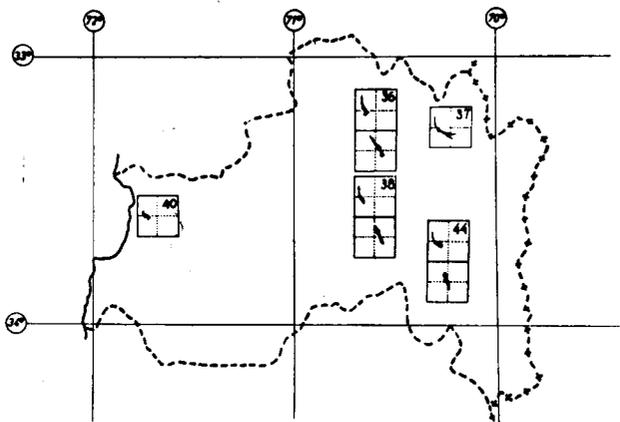


FIG. 12. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF SANTIAGO.

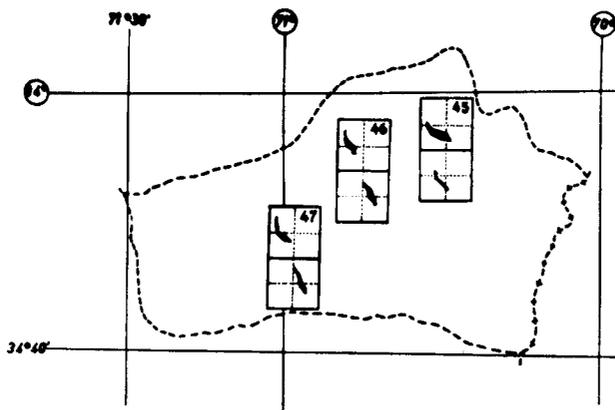


FIG. 13. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE O'HIGGINS.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF O'HIGGINS.

Provincia de O'Higgins (Fig. 13)

Muy poco puede agregarse a lo dicho anteriormente, confirmándose las conclusiones sobre la disminución progresiva de la humedad relativa y de la temperatura media hacia el interior.

Provincia de Colchagua (Fig. 14)

El hiterógrafo mediterráneo de San Fernando exterioriza la paulatina disminución de la temperatura y el aumento de las precipitaciones a medida que se avanza hacia el sur.

Provincia de Curicó (Fig. 15)

No pueden evidenciarse diferencias claras con respecto a la provincia anterior; el hiterógrafo es típicamente mediterráneo con escasas influencias marítimas.

Provincia de Talca (Fig. 16)

La evolución ya expresada prosigue en esta provincia. Cabe destacar que en la ciudad de Talca y sus alrededores se presenta un clima más árido en lo que se refiere a la disminución tanto de las precipitaciones como de la humedad relativa, en comparación con el de las zonas inmediatamente más septentrionales o meridionales.

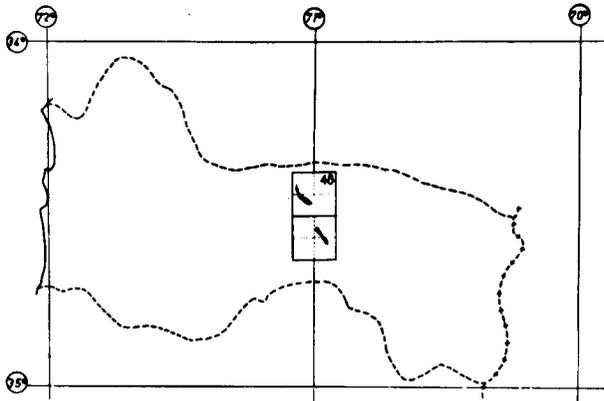


FIG. 14. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA PROVINCIA DE COLCHAGUA.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE PROVINCE OF COLCHAGUA.

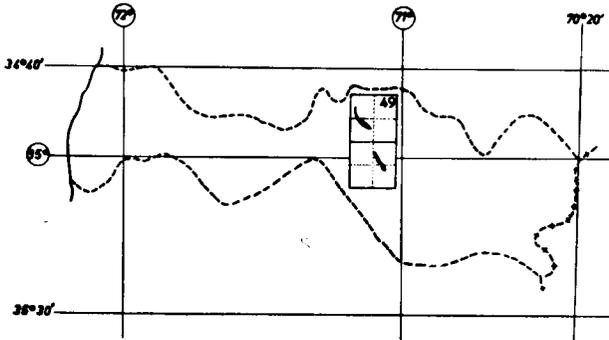


FIG. 15. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA PROVINCIA DE CURICO.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE PROVINCE OF CURICO.

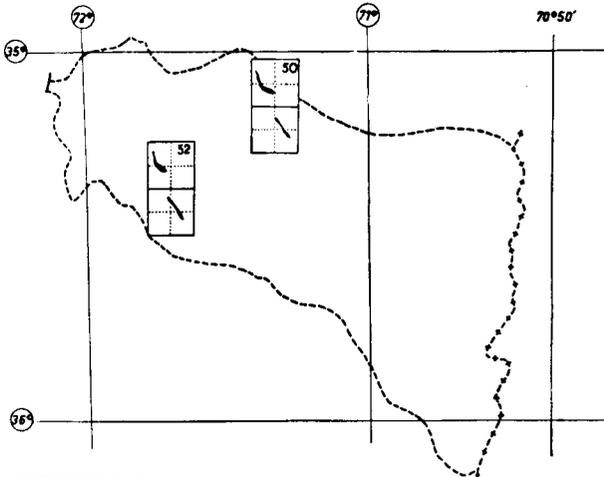


FIG. 16. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE TALCA.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF TALCA.

Provincia de Maule (Fig. 17)

Vuelven a observarse aquí hiterógrafos mediterráneos con influencias marítimas, cortos y casi horizontales. Las precipitaciones y la humedad relativa decrecen fuertemente a partir de la región costera, aumentando en cambio la temperatura; esto condiciona así situaciones mucho más áridas. Llama la atención el climógrafo de Punta Carranza, que revela una excepcional uniformidad térmica e higrométrica a través del año.

Provincia de Linares (Fig. 18)

No hay cambios considerables respecto a las provincias de Colchagua y Curicó. Los hiterógrafos tienden a desplazarse hacia sectores más húmedos del diagrama, manteniéndose casi inalteradas las temperaturas. Las precipitaciones van aumentando desde el valle longitudinal hacia la cordillera.

Provincia de Ñuble (Fig. 19)

Las condiciones climáticas de Ñuble son muy semejantes a las de Linares, salvo valores ligeramente más bajos de humedad que se registran en Chillán. Destacamos la escasez de Estaciones meteorológicas en una provincia tan extendida y de tal importancia agropecuaria.

Provincia de Concepción (Fig. 20)

Estos hiterógrafos son también mediterráneos, pero con claras influencias marítimas; se diferencian de los de Cauquenes principalmente por un ulterior aumento de las precipitaciones. La escasa oscilación térmica es otro factor ecológico de importancia en esta provincia.

Provincia de Arauco (Fig. 21)

Se han dibujado las figuras correspondientes a dos Estaciones, una ubicada en la costa (Punta Lavapié), la otra más al interior (Contulmo). Se puede así apreciar la evolución que presenta el clima mediterráneo de esta zona a medida que disminuyen las influencias marítimas: aumento manifiesto de las precipitaciones y de la amplitud térmica, acompañado por la disminución de la humedad relativa.

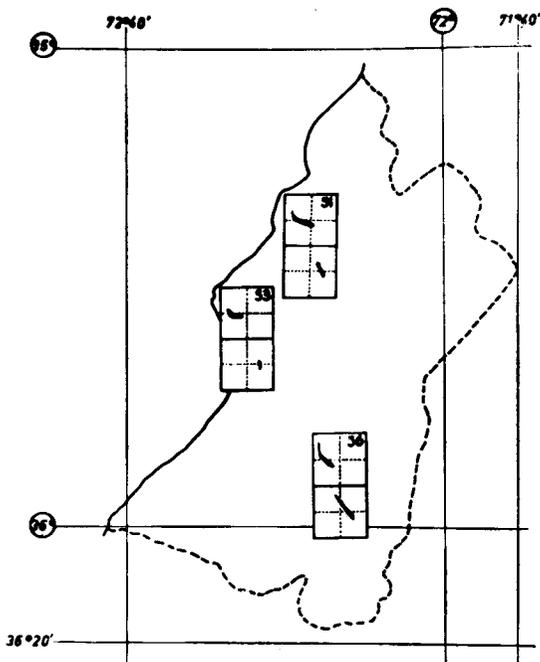


FIG. 17. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE MAULE. HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF MAULE.

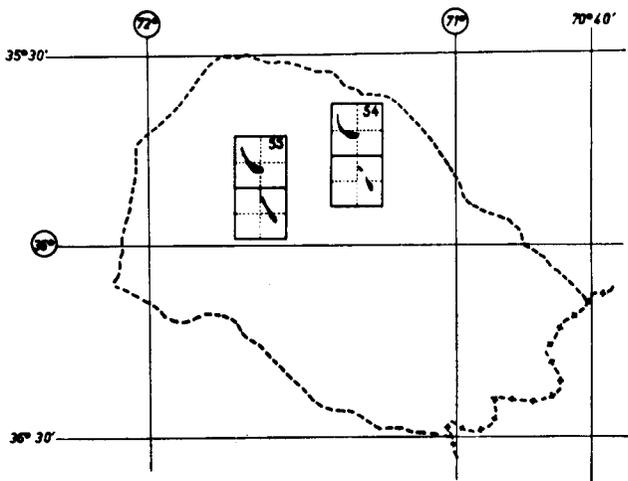


FIG. 18. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE LINARES. HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF LINARES.

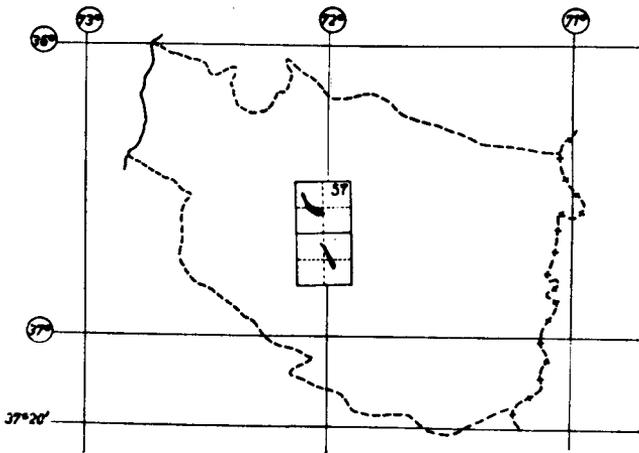


FIG. 19. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA PROVINCIA DE ÑUBLE.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE PROVINCE OF ÑUBLE.

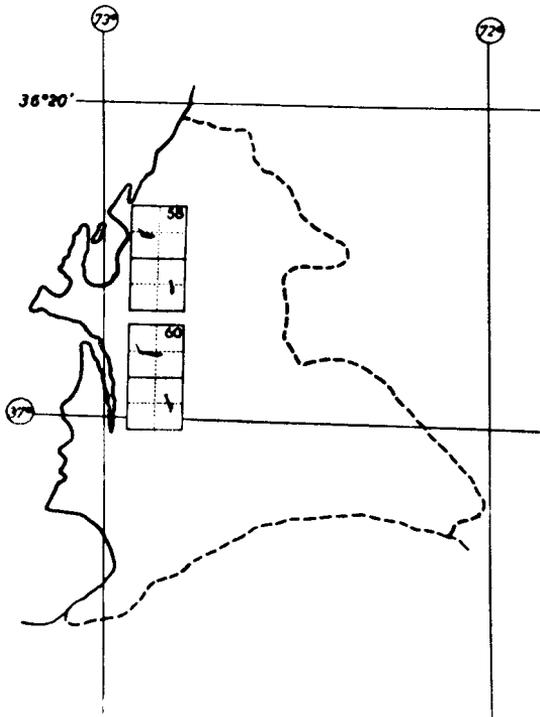


FIG. 20. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE CONCEPCION.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF CONCEPCION.

Provincia de Bío-Bío (Fig. 22)

Se acentúa aquí la tendencia hacia el aumento de las precipitaciones y, en menor grado, la disminución de la temperatura a medida que crece la latitud. Debe advertirse que en muchas áreas centrales de esta provincia el aspecto vegetacional y faunístico está influenciado por condiciones edáficas (presencia de regosoles y arenales), que insinúan un estado de cierta xerofilia.

Provincia de Malleco (Fig. 23)

También los datos climáticos de esta provincia posibilitan un análisis detallado, sobre todo si se completan con los de Arauco, que representaría la proyección geográfica de Malleco hacia la costa. El hecho nuevo es la presencia de una cordillera de la costa bien desarrollada (Cordillera de Nahuelbuta), que dificulta la penetración de las influencias marinas en buena parte de la provincia de Malleco. Por esta razón el clima de la zona de Angol, ciudad situada al este de esta Cordillera, es relativamente árido, mostrando un hiterógrafo muy semejante a los de Linares o Curicó, localidades ubicadas mucho más al norte. Al analizar conjuntamente Arauco y Malleco, pueden diferenciarse nuevamente las tres clásicas formas de hiterógrafos mediterráneos: uno de tipo litoral, corto y relativamente horizontal por la constancia pluviotérmica; otro, interior, claramente inclinado en su eje central, por la manifiesta concentración de las lluvias en el período invernal; un tercero, montano, mucho más alargado y desplazado hacia los sectores inferiores del diagrama por la disminución de la temperatura, habiendo también algunas influencias continentales que se exteriorizan por la mayor amplitud térmica. También el aumento de las precipitaciones muestra un sentido de costa a cordillera, con la excepción ya señalada para las zonas adosadas al este de la Cordillera de Nahuelbuta. En cuanto a la humedad relativa, sus puntas máximas están en la costa, decreciendo regularmente hacia el interior.

Provincia de Cautín (Fig. 24)

A partir de Cautin, los hiterógrafos mediterráneos comienzan a evidenciar claras influencias oceánicas incluso en zonas interiores (Temuco), adquiriendo una forma menos inclinada debido a que el incremento de las precipitaciones no está acompañado por un análogo aumento de la amplitud térmica. La humedad relativa es elevada aun en el interior de la provincia.

Provincia de Valdivia (Fig. 25)

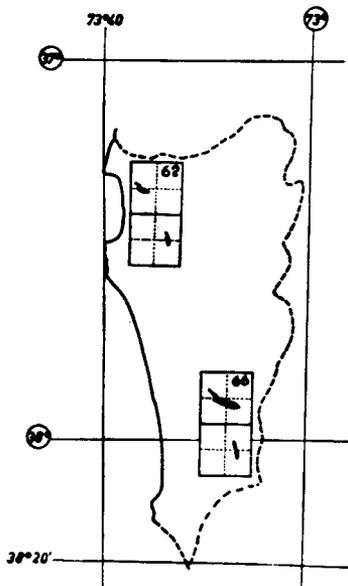


FIG. 21. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE ARAUCO.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF ARAUCO.

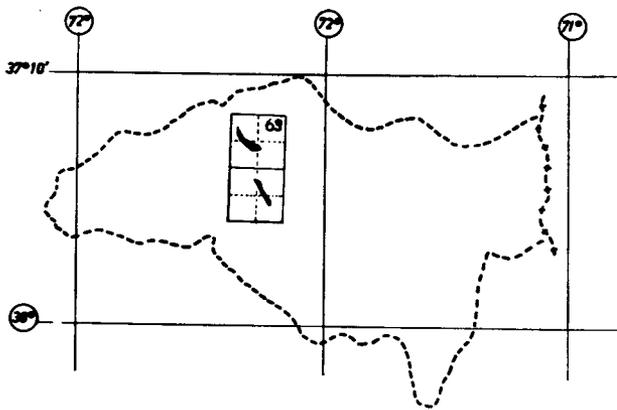


FIG. 22. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA PROVINCIA DE BIO-BIO.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE PROVINCE OF BIO-BIO.

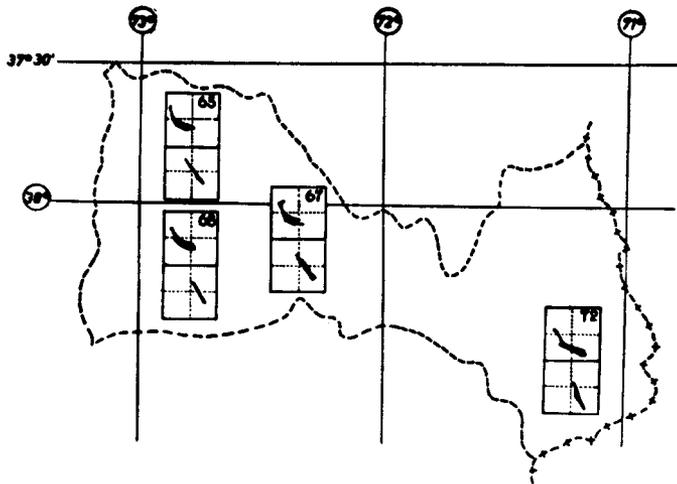


FIG. 23. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE MALLECO.
HITHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF MALLECO.

Se hacen más notorias las características ya destacadas para Cautín, registrándose por primera vez en nuestro análisis de norte a sur precipitaciones anuales superiores a los 2.000 mm, que son frecuentes desde la Cuesta Lastarria. El hiterógrafo de Río Bueno, por el contrario, denota condiciones mediterráneas más xerófilas, debido a la barrera representada por una cordillera de la costa relativamente alta, que restringe la penetración de las influencias oceánicas. La humedad es constantemente alta, con valores promedios superiores a 80%.

Provincia de Osorno (Fig. 26)

A causa del efecto de barrera de la cordillera de la costa (Cordillera Pelada) frente a la penetración marina, en Osorno reaparece un clima mediterráneo típico, incluso con período seco en verano; también la amplitud térmica anual es relativamente mayor que en Valdivia. El hiterógrafo es bastante parecido al de Temuco.

Provincia de Llanquihue (Fig. 27)

Aun cuando los hiterógrafos de esta provincia revelan todavía algunas influencias de tipo mediterráneo, la penetración de condiciones oceánicas desde el oeste y desde el sur se traduce en figuras de forma groseramente ovoidea, que constituyen una transición hacia los climas netamente oceánicos de las provincias meridionales. Estas influencias marítimas se exteriorizan también por la humedad constantemente elevada y por la escasa amplitud térmica.

Provincia de Chiloé (Fig. 28)

Se trata de la provincia más meridional de Chile en que todavía pueden reconocerse algunas localidades de clima mediterráneo, con presencia aun de un período árido estival, a pesar de las fuertes influencias oceánicas. Esto es cierto sobre todo para la Isla Grande de Chiloé. Incluso en Melinka el régimen pluviométrico muestra algunas afinidades mediterráneas, debido al claro aumento invernal de las lluvias. En Chiloé continental, Futaleufú se caracteriza por la fuerte amplitud térmica y por temperaturas invernales muy bajas; en este caso, son influencias continentales las que se sobreponen a las mediterráneas, manifestándose estas últimas por la marcada disminución de las precipitaciones en verano. A pesar

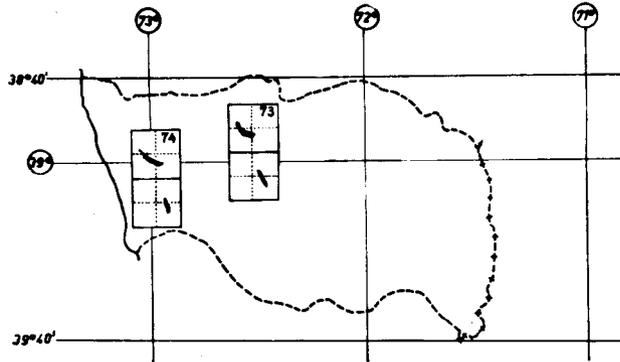


FIG. 24. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE CAUTIN.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF CAUTIN.

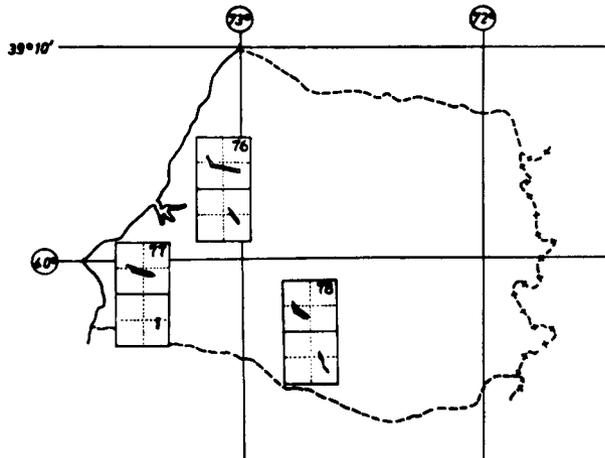


FIG. 25. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE VALDIVIA.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF VALDIVIA.

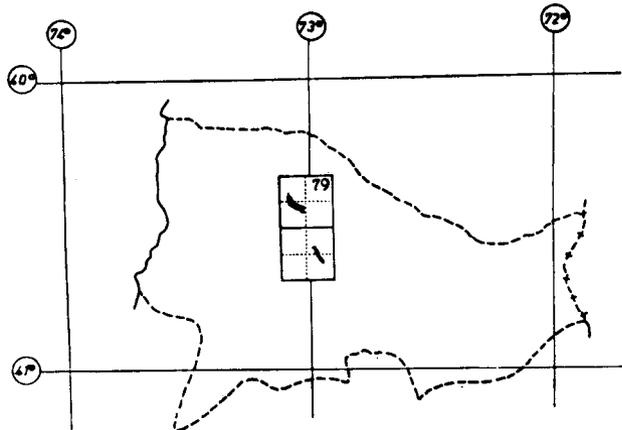


FIG. 26. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA PROVINCIA DE OSORNO.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAFO OF THE PROVINCE OF OSORNO.

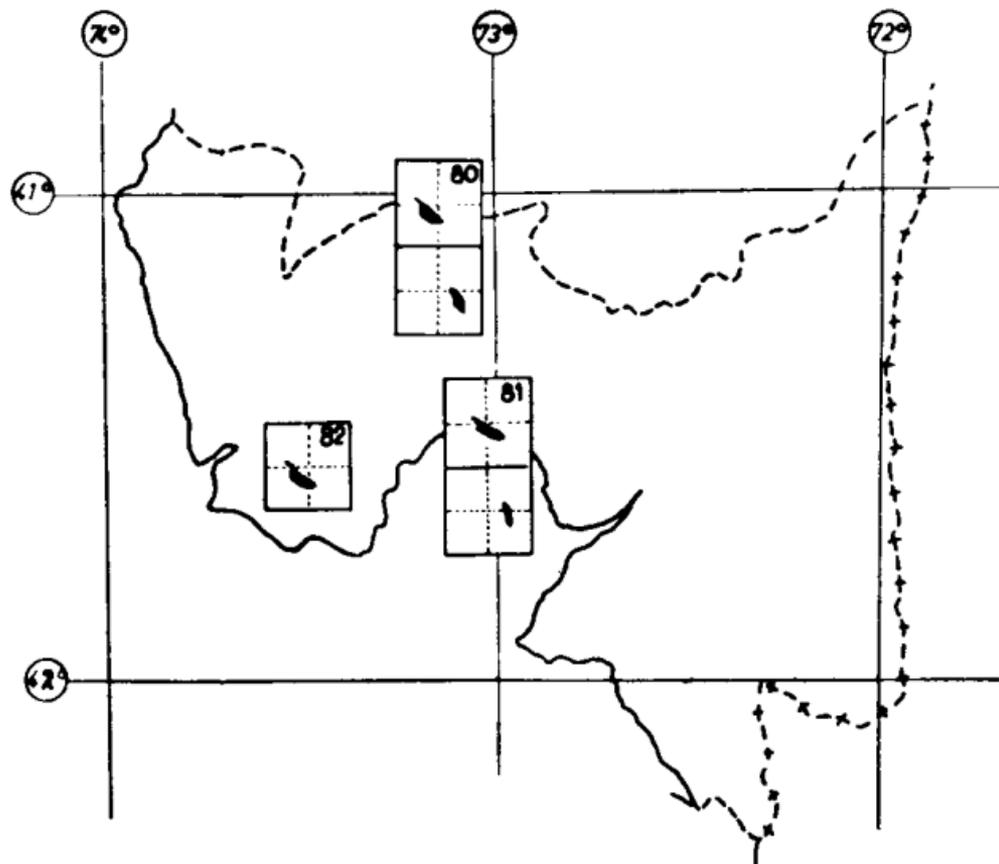


FIG. 27. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE LLANQUIHUE.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF LLANQUIHUE.

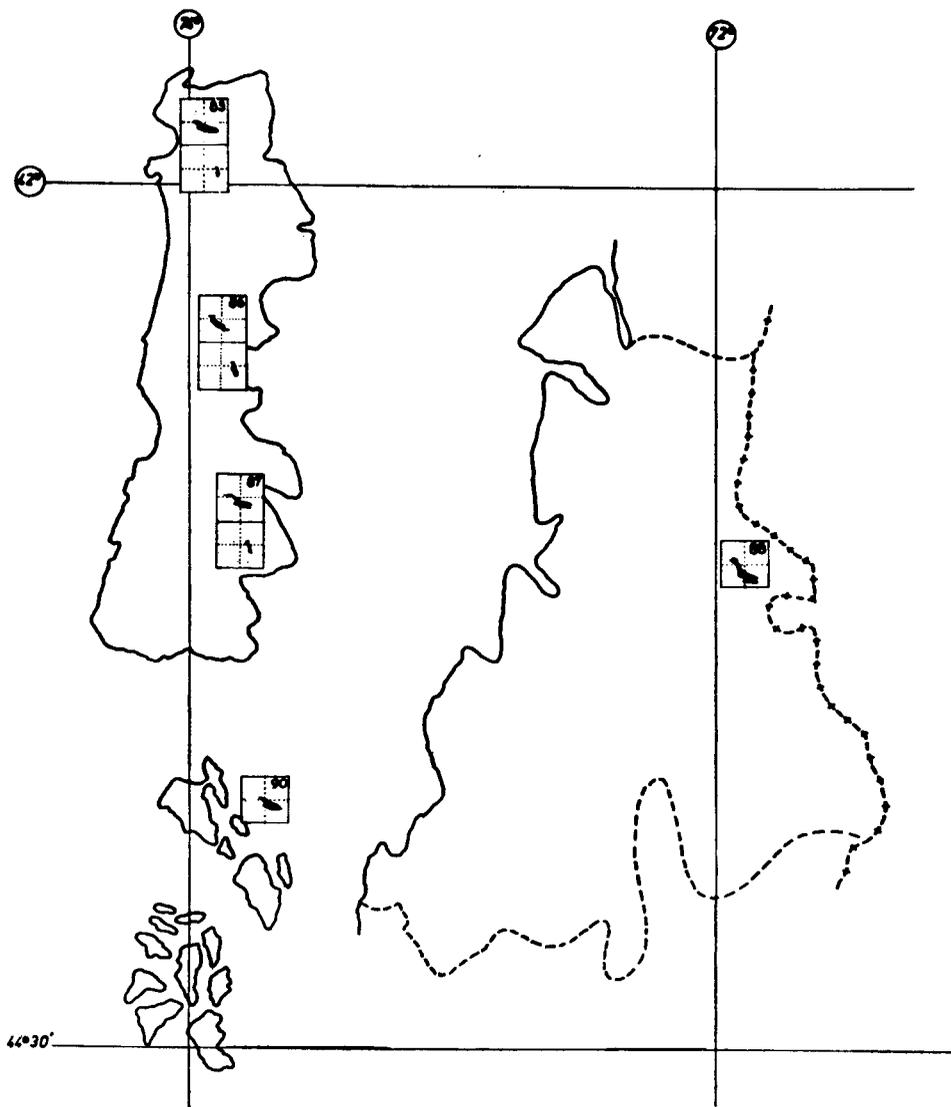


FIG. 28. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE CHILOE.
 HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF CHILOE.

de la escasez de observaciones, se puede afirmar que la humedad relativa es constantemente alta en la costa, por lo general superior al 80%

Provincia de Aysén (Fig. 29)

Desde esta provincia se instauran las tendencias climáticas que dominarán hasta el extremo sur del país. A grandes rasgos se reconocen dos franjas paralelas, extendidas de norte a sur, con clima totalmente disímil sobre todo en cuanto a sus efectos biológicos; en la franja occidental o pacífica hay un clima oceánico muy húmedo y con notable constancia térmica a través del año, que debe considerarse la evolución hacia el sur de las tendencias analizadas en las provincias anteriores; la franja oriental o transandina, por el contrario, es de clima más árido con mayores oscilaciones térmicas anuales, recibiendo fuertes influencias de los bioclimas limítrofes de Argentina, especialmente en cuanto al aumento de cierta tendencia continental. Por supuesto, estos cambios se producen por gradientes más que por límites netos, presentándose una serie de situaciones transicionales.

Los hiterógrafos que aparecen en la Fig. 29 ilustran los aspectos anteriormente señalados: se verifica hacia el este una progresiva disminución de las precipitaciones y de la humedad relativa, aumentando en cambio la amplitud térmica. Aysén constituye en cierto modo una transición entre las dos franjas, manifestándose incluso levísimas influencias mediterráneas.

Al examinar los diagramas correspondientes a las Estaciones situadas en la banda oriental, se nota un aumento progresivo hacia el sur de la "verticalización" de los hiterógrafos, debido a que las influencias mediterráneas van desapareciendo totalmente. La humedad relativa decrece hacia el sur en la parte transandina, llegando en Chile Chico a valores levemente superiores al 50%; en esta localidad, además, la fuerte disminución de las lluvias, asociada a temperaturas relativamente elevadas por las influencias favorables del lago General Carrera (lago Buenos Aires), condiciona características xerotérmicas muy peculiares.

Provincia de Magallanes (Fig. 30)

También para esta provincia tienen validez las aseveraciones precedentes sobre la existencia de dos grandes franjas climáticas, aun cuando el lado oriental debería subdividirse por lo menos en tres regiones longitudinales con características climáticas, edáficas y vegetacionales bien definidas. La tendencia climática

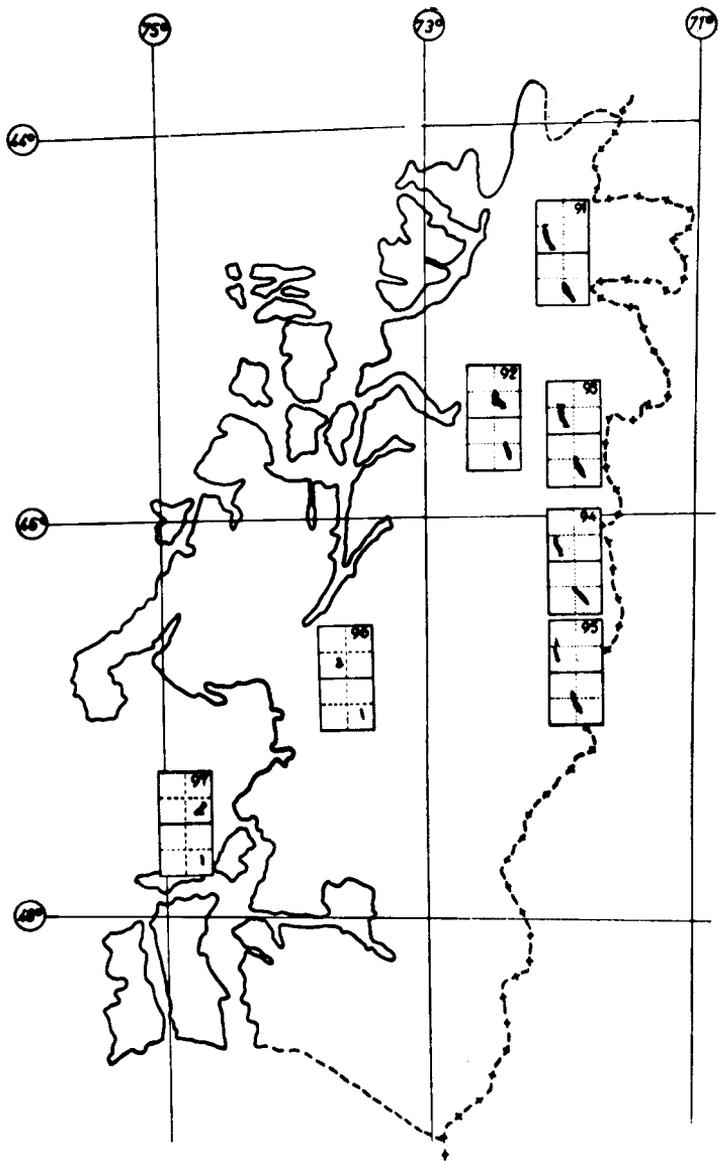


FIG. 29. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE AYSEN.
HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF AYSEN.

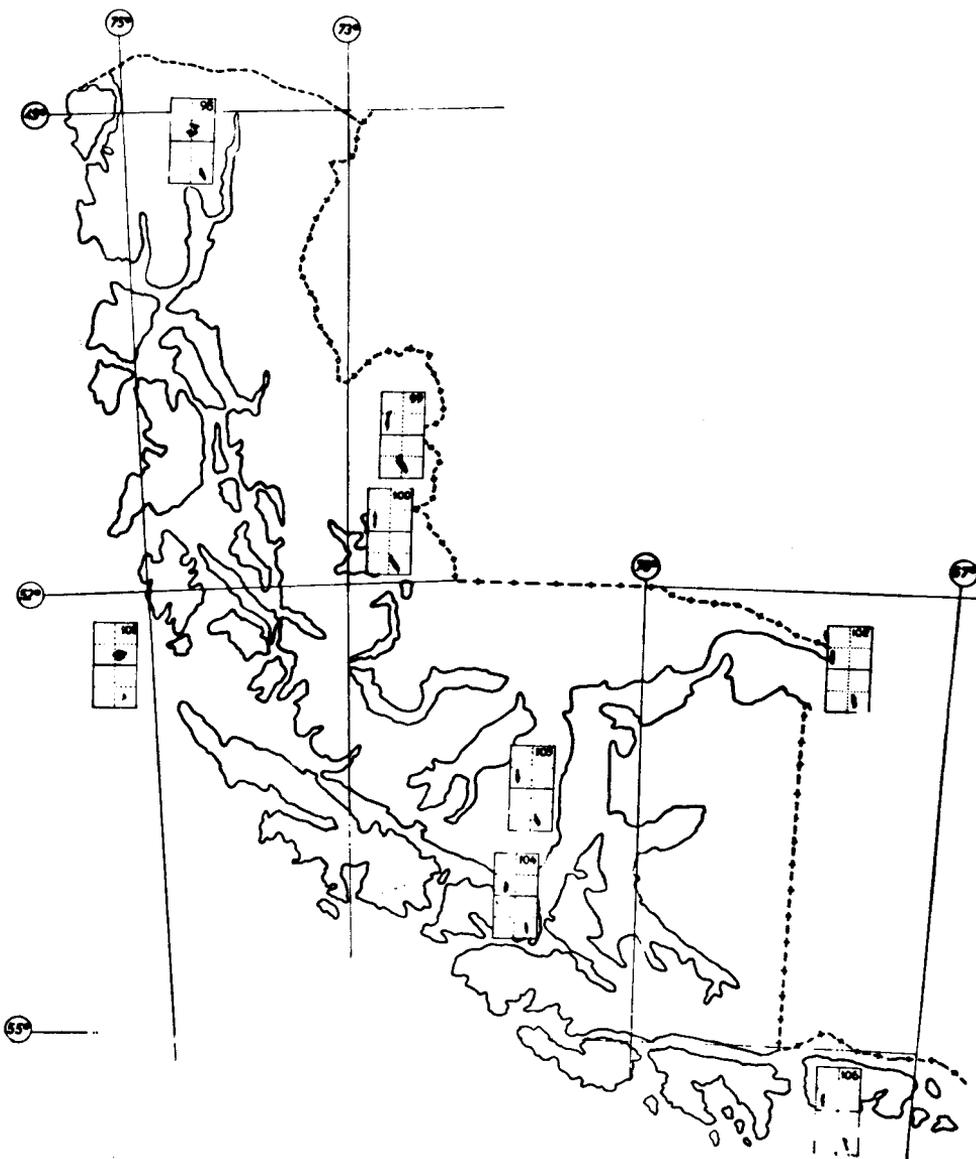


FIG. 30. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA PROVINCIA DE MAGALLANES.
 HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE PROVINCE OF MAGALLANES.

dominante es de tipo oceánico, con distribución bastante regular de las precipitaciones a lo largo de todo el año, no existiendo ya ningún rastro de tendencia mediterránea. A pesar de esto, se trata de la provincia de Chile con mayores contrastes en cuanto a la intensidad de la lluvia, pues desde los valores muy elevados que caracterizan la franja occidental (3.000 - 4.000 mm por año, e incluso 7.000 - 8.000 mm en casos excepcionales), se pasa hacia el Atlántico a cifras que superan levemente los 200 mm.

En la zona occidental, además de la elevada lluviosidad, es muy típica la gran constancia térmica. No obstante la latitud elevada, no se desciende a valores termométricos excesivamente bajos; por ejemplo, en Evangelistas, con 52° 24' de latitud Sur, no se registran temperaturas mínimas medias inferiores a 2.4 °C, mientras que en Punta Dungeness, ubicada exactamente a la misma latitud del lado oriental, la temperatura media desciende hasta 0.5 °C. Punta Arenas, al límite entre los bosques y las estepas, puede considerarse en posición transicional respecto a las dos franjas.

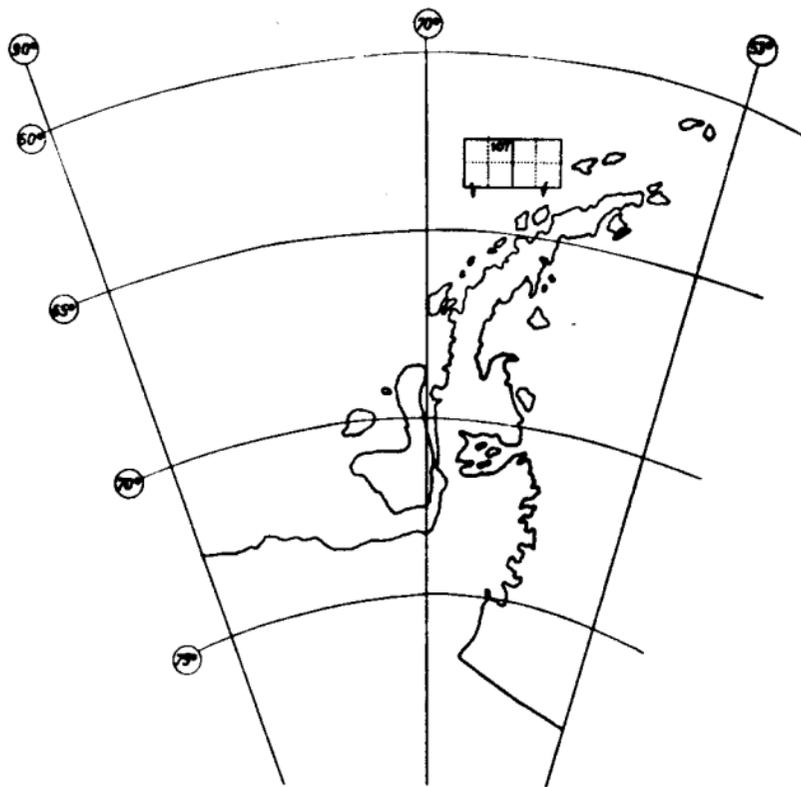
En lo que concierne a la zona oriental, la evolución de los hiterógrafos de norte a sur muestra una disminución paulatina de la temperatura; la amplitud térmica, por otra parte, se va reduciendo por las mayores influencias marítimas. La humedad relativa es baja solamente en las zonas alejadas del mar.

La isla Navarino, en el extremo sur de la provincia no presenta en ningún mes valores térmicos medios iguales o superiores a 10 °C, creándose las condiciones bioclimáticas para el establecimiento de tundras isotérmicas.

En la región magallánica el viento representa un factor de gran importancia ecológica, agravando al mismo tiempo los efectos del frío y de la aridez.

Antártica chilena (Fig. 31)

Los climogramas de la Base "Gabriel González Videla", situada en la península antártica, aparecen como una proyección y una acentuación de las características climáticas señaladas para la franja oriental de Magallanes, particularmente en referencia a Navarino. El clima es de desierto polar, con precipitaciones relativamente bajas y con temperatura media que sobrepasa 0 °C sólo desde diciembre a febrero. La humedad relativa es algo más baja que en el extremo sur del continente.



**FIG. 31. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA ANTARTICA.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE ANTARCTICA.**

Zonas insulares chilenas

Creemos de interés discutir brevemente las condiciones de las principales islas chilenas sobre las cuales existen datos climáticos, es decir, de norte a sur, Isla de Pascua (Fig. 32), Juan Fernández (Fig. 33), Santa María (Fig. 34), Isla Mocha (Fig. 35) e Isla Guafo (Fig. 36).

Estas islas muestran hiterógrafos que revelan, en mayor o menor grado, influencias mediterráneas. Hace excepción la Isla de Pascua, cuyas relaciones con los climas chilenos son muy escasas debido a su lejanía; dominan aquí condiciones oceánicas tropicales, con disminución de las precipitaciones en febrero y octubre, pero sin determinar situaciones de sequía; hay, sin embargo, cierta aridez de origen edáfico, por los suelos volcánicos muy permeables.

La mayor o menor cercanía desde el continente se ve reflejada en la forma de los hiterógrafos; así Juan Fernández, a unas 300 millas de la costa, posee un hiterógrafo redondeado en que las influencias mediterráneas están casi totalmente enmascaradas por las oceánicas. En la Isla Mocha, en que existen dos Estaciones situadas respectivamente al oeste y al este, se observa claramente, a pesar de la cercanía entre ellas, la tendencia al aumento de amplitud térmica y a la disminución de la humedad relativa hacia el lado que enfrenta al continente; son fenómenos del mismo tipo de los destacados en el análisis del clima de la zona central de Chile.

Por lo demás, los climogramas de estas Islas son muy semejantes a los de las Estaciones continentales marítimas de latitud semejante, aumentando sólo en grado variable las influencias oceánicas. Sólo la más lejana, Juan Fernández, posee un hiterógrafo cuya forma se acerca a aquellos de la zona costera de latitudes mayores, en particular de la provincia de Concepción y Arauco; con esto se confirma que las influencias oceánicas en la zona central de Chile aumentan en sentido análogo hacia el oeste y hacia el sur.

Finalmente la Isla Guafo, a pesar de su ubicación muy meridional, conserva todavía ciertas influencias mediterráneas.

Resulta difícil introducir algunas conclusiones de síntesis después de este análisis descriptivo sobre las tendencias de los hiterógrafos y climógrafos en las distintas provincias de Chile. En efecto, desde una tendencia a otra existen simples transiciones

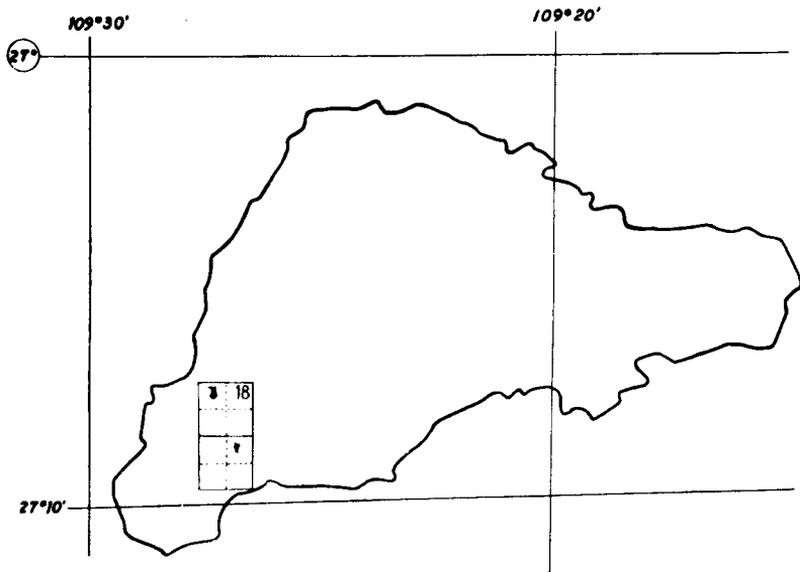


FIG. 32. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA ISLA DE PASCUA.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE EASTERN ISLAND.

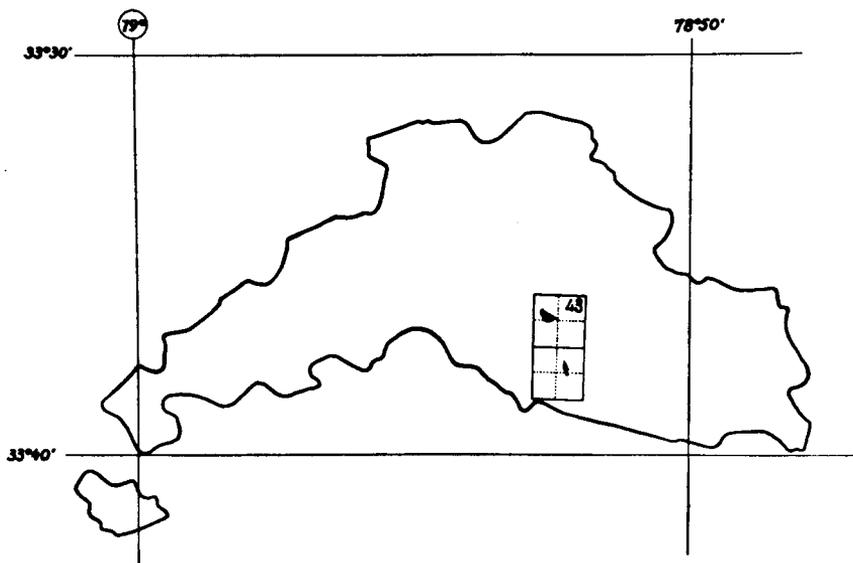


FIG. 33. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA ISLA JUAN FERNANDEZ.
HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE JUAN FERNANDEZ ISLAND.

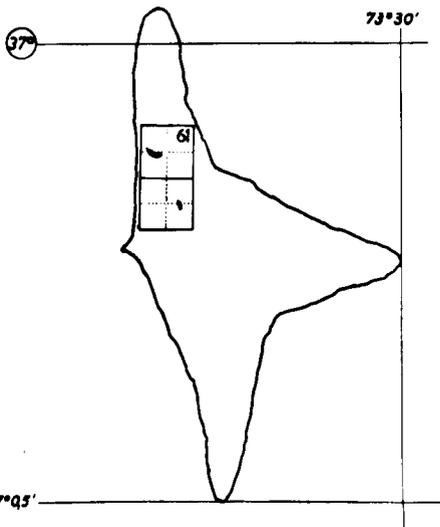


FIG. 34. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA ISLA SANTA MARIA. HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE SANTA MARIA ISLAND.

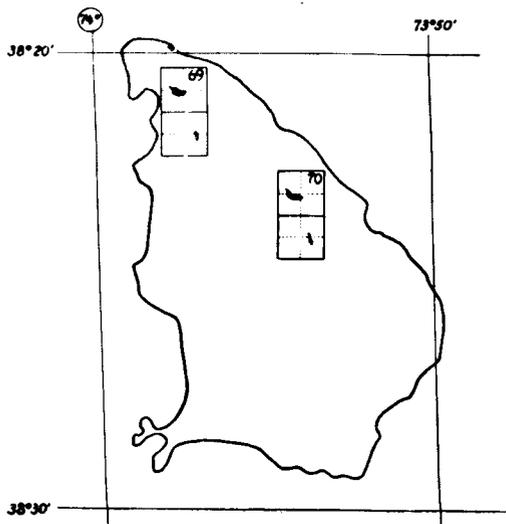


FIG. 35. HITEROGRAFOS Y CLIMOGRAFOS DE LA ISLA MOCHA. HYTHERGRAPHS AND CLIMOGRAPHS OF THE MOCHA ISLAND.

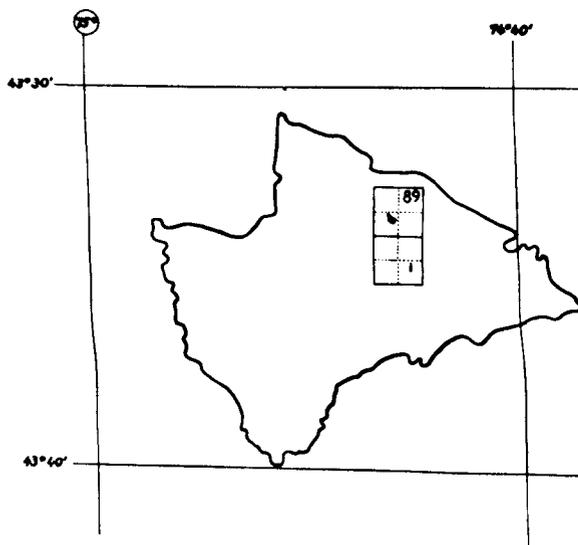


FIG. 36. HITEROGRAFO Y CLIMOGRAFO DE LA ISLA GUAFO. HYTHERGRAPH AND CLIMOGRAPH OF THE GUAFO ISLAND.

sin posibilidad de delimitaciones categóricas; en otras palabras, una evolución progresiva sin solución de continuidad. Por lo demás, muchos de los conceptos enunciados se reconsiderarán y ampliarán, en especial en el capítulo sobre clima mediterráneo y en el ensayo final de una clasificación bioclimática de Chile. Sólo adelantaremos lo que a nuestro entender constituye una información básica, para una mejor comprensión de los capítulos que siguen.

La mayor parte del país, con excepción de sus extremos, está dominada por un clima mediterráneo en que, de norte a sur, pueden reconocerse todas las variedades descritas por Emberger (1955b). Este clima recibe los influjos de otras tendencias, no sólo en sentido latitudinal (desde el norte y el sur), sino también longitudinal (desde el oeste y el este). Desde el norte, la interpenetración con climas tropicales desérticos condiciona zonas de transición, en que la diferenciación con el clima mediterráneo perárido es generalmente muy difícil. Desde el sur, las zonas de transición son con climas oceánicos. Además, a lo largo del área de tendencia mediterránea, se reciben desde el oeste influencias oceánicas en la franja costera y desde el este efectos continentales de la zona montana.

Estas interacciones, evidentes sobre todo en la periferia del territorio mediterráneo, obligan a que un estudio crítico de la bioclimatología de Chile deba tener presentes en todo momento los variados tipos bioclimáticos derivados de la configuración fisiográfica del país, en especial la presencia de las dos cadenas de cordilleras.

B) Sistema de coordenadas cartesianas con escala en dos ordenadas

Este sistema de representación climática consiste en utilizar el eje de las abscisas para los doce meses del año, en orden progresivo de enero a diciembre para el hemisferio boreal y de julio a junio para el austral, con lo cual se mantiene la correspondencia de las estaciones y se permite la comparabilidad entre localidades situadas en los dos hemisferios; los dos ejes opuestos de las ordenadas consignan datos a escalas convencionales de dos elementos climáticos. Estos gráficos se emplean en climatología desde muchos años (Hettner, en Lauer 1960), sobre todo para representar al mismo tiempo las tendencias térmicas y pluviométricas. Gaussen y Bagnouls en 1953 (en Mathon 1958) plantearon la posibilidad de ilustrar con estos diagramas las relaciones entre temperatura y precipitaciones en forma tal de poder establecer períodos áridos y húmedos sobre la base de la proporción (P 2T).

De acuerdo a esto, "un mes seco es aquel en que el total mensual de las precipitaciones,



expresado en milímetros, es igual o inferior al doble de la temperatura media mensual, expresada en grados centígrados".

El método de Gaussen y Bagnouls fue modificado en parte por Walter en 1955, quien con los cambios propuestos mejoró la representabilidad de los diagramas, reduciendo a 1/10 la escala de las precipitaciones sobre los 100 mm; considera además en el gráfico una serie de otros elementos climáticos. La modificación tal vez más interesante propuesta por Walter es de introducir una proporción de $P/3T$ para delimitar climas subáridos, dado que la otra equivalencia es realmente poco sensible para detectar la aridez de algunas zonas.

Ambos métodos se basan sobre escalas aritméticas de temperatura y precipitaciones, partiendo del supuesto, para determinar los requerimientos en agua de una zona, que la temperatura está en relación con el ritmo de evapotranspiración.

Sin embargo, se afirma que para medir los fenómenos biológicos y en particular los factores limitantes, sería de mayor validez una escala logarítmica (Holdridge 1947 y 1959). Por esta razón, en algunos diagramas se opone la temperatura (medida en escala aritmética) a los requerimientos de precipitaciones representados en escala logarítmica (Euverte 1959), lo que permitiría una más estrecha analogía con la escala de evapotranspiración. De acuerdo a Holdridge, sería aún más acertado desde un punto de vista biológico emplear las dos escalas, de temperatura y de precipitaciones, en forma logarítmica. Queremos señalar que las bases conceptuales de todas estas afirmaciones no parecen muy claras.

Todos los métodos anteriores utilizan la temperatura en lugar de la evapotranspiración, cuyos datos son difíciles de obtener o de calcular, por la escasez de Estaciones meteorológicas que midan este elemento climático y por la dudosa eficacia de las estimaciones de evapotranspiración potencial. Thornthwaite (1948) adoptó este tipo de diagrama con escalas en las dos ordenadas, representando por primera vez dos elementos climáticos para los cuales es válida la misma unidad de medida: en un lado la evapotranspiración y en el otro las precipitaciones, ambos parámetros expresados en mm. Los principios de Thornthwaite parecen tener una base teórica más acertada; sin embargo, al aplicar estos índices en muchos países, se ha comprobado que la medida de la evapotranspiración potencial, calculada por Thornthwaite de acuerdo a observaciones realizadas en Norteamérica no siempre puede extrapolarse con éxito a otras regiones del mundo. Otra desventaja del método



de Thornthwaite es una complejidad mayor respecto a los gráficos análogos, la que no parece compensada por un grado de exactitud significativamente superior.

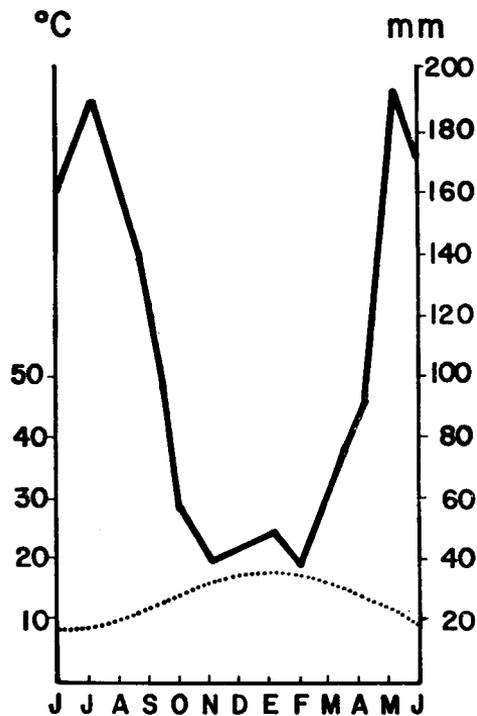
En esta monografía hemos recurrido a tres tipos de diagramas climáticos de esta naturaleza:

1. El diagrama ombrotérmico de Gaussen (1955a)
2. La modificación del anterior realizada por Walter (1957) y denominada climodiagrama
3. El ábaco hidrotérmico (Euverte 1959).

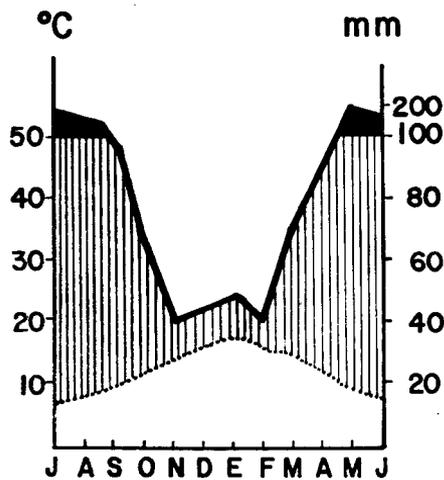
El ábaco hidrotérmico, utilizado con menos frecuencia que los dos anteriores a nivel internacional, emplea escala logarítmica para las precipitaciones y aritmética para la temperatura media. Este ábaco se basa en el principio de que las necesidades de agua de las plantas siguen una progresión exponencial, en tal forma que por un aumento de la temperatura mensual de 6°C los requerimientos de agua se duplican; en este diagrama, es la escala de las precipitaciones la que reemplaza en cierto modo la estimación de evapotranspiración. Este método, que aparentemente tampoco tiene una base experimental muy segura, ha sido ya adoptado en Chile con interesantes resultados prácticos (inéditos) para la planificación del establecimiento de praderas artificiales en la provincia de Magallanes. Las escalas del ábaco hidrotérmico conducen a resultados bastante semejantes a los del gráfico propuesto por Lauer (1961) y adoptado también por Fuenzalida (1963), en el cual las escalas de temperatura y precipitaciones están en la proporción establecida por el índice de de Martonne, es decir, 3:5. En el gráfico, Lauer opone el valor 0 de precipitaciones a -10°C de temperatura.

Es evidente que con este tipo de diagramas las posibilidades de modificaciones y el empleo de nuevas escalas son prácticamente infinitas. Probablemente cada cambio podría hacer ajustar mejor el gráfico a ciertas condiciones regionales; sin embargo, nos parece preferible seguir las fórmulas más ampliamente adoptadas a escala internacional, aunque se apoyen sobre bases simplemente convencionales, si se quiere conseguir alguna comparabilidad de los resultados.

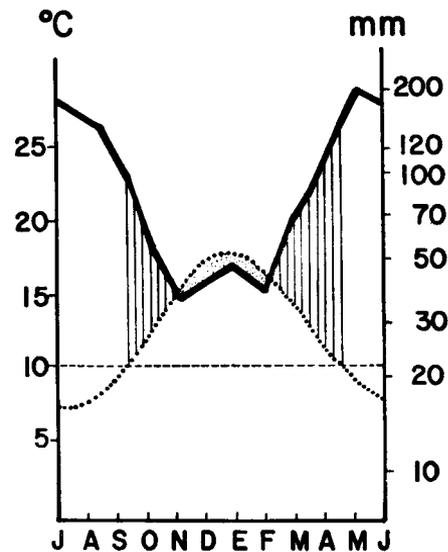
La Fig. 37 consigna los tres tipos de diagramas climáticos utilizados en este trabajo, elaborados a base de los datos de la Estación de Osorno. Los tres tipos señalan aridez cuando la curva de las precipitaciones pasa por debajo de la curva de la temperatura; en el caso de Osorno, este entrecruzamiento se verifica sólo en el ábaco hidrotérmico, que por lo tanto aparece más sensible que los otros para detectar un período árido,



A



B



C

FIG. 37. DIAGRAMAS CLIMATICOS CORRESPONDIENTES A OSORNO:
 A. DIAGRAMA OMBROTHERMICO DE GAUSSEN
 B. CLIMODIAGRAMA DE WALTER
 C. ABACO HIDROTHERMICO.

CLIMATIC DIAGRAM OF OSORNO:
 A. OMBROTHERMIC DIAGRAM OF GAUSSEN
 B. CLIMATIC DIAGRAM OF WALTER
 C. HYDROTHERMIC ABACUS.

cuya existencia puede efectivamente comprobarse en el terreno desde un punto de vista biológico.

Una pequeña diferencia entre el gráfico de Gaussen y el de Walter, todavía no señalada, es que en el primero se consideran los meses en el hemisferio sur de junio a julio, mientras que en el de Walter esta secuencia va de julio a julio.

En el diagrama de Walter, el período húmedo se representa convencionalmente por líneas verticales, salvo lo que excede los 100 mm. de precipitaciones que se llena en negro; el período seco se evidencia mediante una superficie punteada. En la Fig. 38 pueden observarse estas distintas modalidades de representación. No hemos querido incluir en nuestros esquemas las otras modificaciones introducidas por Walter (1957 y 1960b), que consisten en consignar a lo largo de la abscisa los períodos desfavorables por el frío, en señalar la cantidad media de días sin heladas y en colocar una línea intermedia que refleja la proporción $P/3T$, además de dar cifras sobre altitud, número de años de observación, precipitaciones, temperatura media anual, mínima media del mes más frío, mínima absoluta, máxima media del mes más cálido, máxima absoluta y oscilación media de la temperatura. Nuestras omisiones se deben en parte a que algunos de estos datos no están disponibles en algunas Estaciones meteorológicas chilenas, en parte porque en esta fase de nuestro trabajo nos interesa principalmente evidenciar la evolución general del clima.

En el tercer diagrama de la Fig. 37, el ábaco hidrotérmico, la línea frente al valor 10 de temperatura en la ordenada delimita el período de inactividad vegetativa debido al factor limitante del frío. En este gráfico, se omite rayar los espacios húmedos en que la temperatura media mensual es inferior a 10 °C, de manera de poder tener una clara apreciación visual del período favorable, en que no existen limitaciones ni por la aridez ni por el frío.

Un breve análisis comparativo de estos tres diagramas destaca los siguientes hechos: a) la mayor sencillez del diagrama de Gaussen; b) la mejor representabilidad del climodiagrama de Walter, que reduce las figuras a dimensiones más estables; c) la mayor sensibilidad del ábaco hidrotérmico para detectar la aridez.

Por lo demás, el problema de la validez de los diagramas climáticos para definir con cierta aproximación el período de aridez, se discutirá con mayores detalles en el capítulo correspondiente. Vale la pena adelantar que ninguna de estas figuras entrega una visión totalmente cuantitativa del problema, que se refiera no solamente a la

duración de la aridez, sino también a su intensidad. Es probable que mediante un planímetro podrían obtenerse datos de mayor precisión sobre la superficie del gráfico ocupada por el período árido. Por otra parte, no cabe duda que la duración de la aridez es un factor ecológico de mayor importancia que su intensidad absoluta.

No habría sido posible, dentro del marco de este trabajo, presentar todos los gráficos de los tres tipos trazados para cada localidad. Nos hemos limitado, entonces, a las figuras más representativas, adoptando el método de Walter. La Fig. 38 presenta la evolución de los climodiagramas en Chile, desde norte a sur y desde oeste a este.

Las razones que nos han impelido a dar preferencia al diagrama de Walter, son las siguientes:

a) La utilización de estos gráficos nos ha permitido mantener los diez cortes transversales del país dentro de un tamaño razonable, que no habría sido posible con la representación de Gaussen.

b) La gran difusión mundial de los climodiagramas de Walter a través de los "Weltatlas" (Walter & Lieth 1960), hecho que facilita la comparabilidad con nuestros resultados.

c) La consideración de que los resultados finales obtenidos mediante el método de Walter o el de Gaussen son absolutamente comparables.

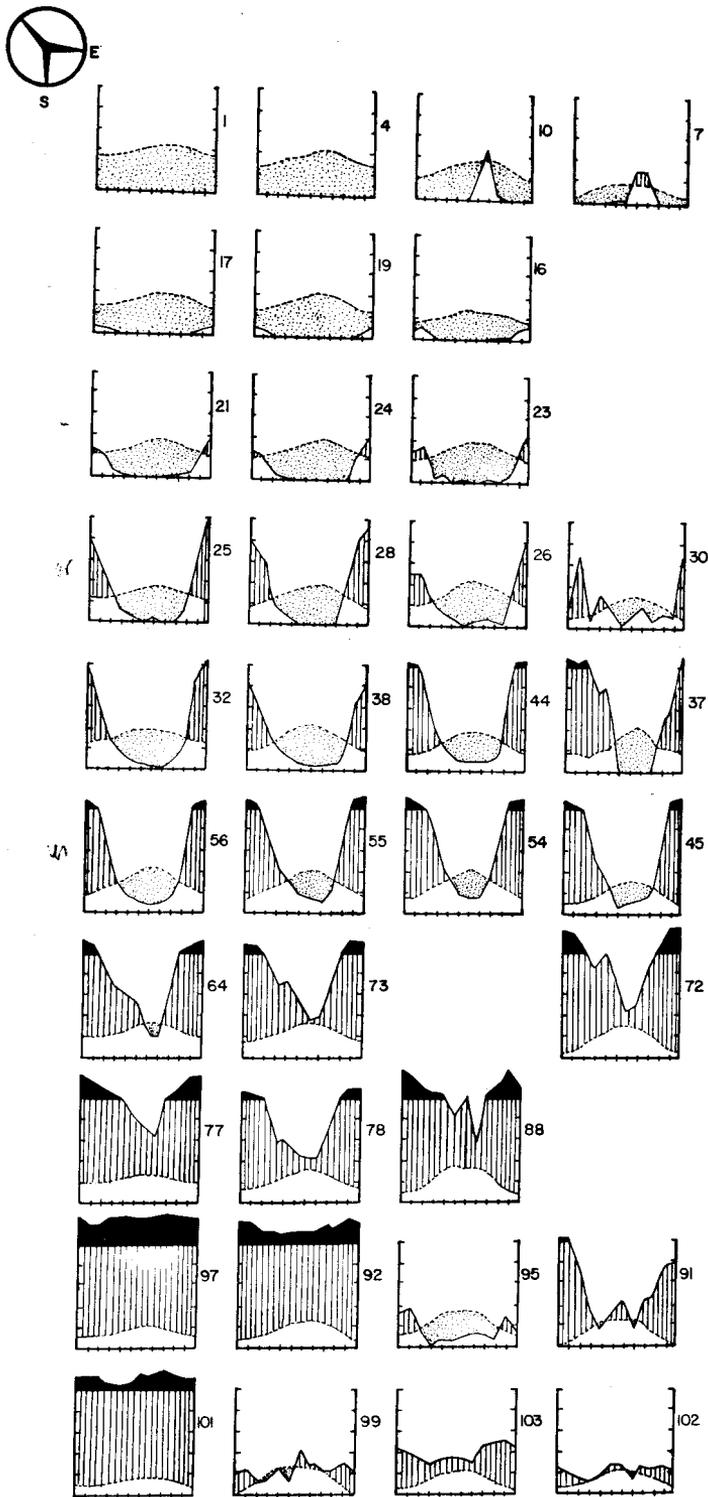
Antes de iniciar la interpretación de la Fig. 38, es necesario adelantar algunas consideraciones:

a) La división del país en franjas latitudinales no se hizo de acuerdo a una clasificación bioclimática, ni tampoco respetando intervalos análogos de distancia. Hemos querido esencialmente utilizar las Estaciones meteorológicas disponibles y poner en evidencia las zonas de transición climática.

b) También para la selección de las Estaciones que componen el corte transversal de mar a cordillera, fue imposible ceñirse a límites latitudinales precisos. Por lo tanto, hay en algunos casos una apreciable distancia latitudinal entre la Estación de costa y la de cordillera, siendo el caso extremo la gran lejanía entre Punta Galera y Futaleufú.

c) Las Estaciones de los cortes transversales corresponden, grosso modo, desde izquierda a derecha, a costa, valle longitudinal, precordillera y cordillera de los Andes. Esta clasificación no es muy estricta, porque por ejemplo La Serena y Cauquenes, que aparecen en la primera franja vertical, están algo alejadas del mar. Además estas zonas fisiográficas, muy claras en la zona central de Chile, varían en el norte del país y aun más en las provincias de Aysén y de Magallanes, a las que se refieren los dos últimos cortes.

FIG. 38. EVOLUCION DE LOS CLIMODIAGRAMAS EN CHILE.
 EVOLUTION OF CLIMATIC DIAGRAMS IN CHILE.



d) Se han dejado espacios vacíos, en correspondencia con las zonas en que faltaban Estaciones meteorológicas.

e) Por las razones ya explicadas, no se han consignado en estos gráficos los datos adicionales propuestos por Walter, los que en la mayoría de los casos podrán ubicarse en el Cuadro 1. La numeración al lado de cada climodiagrama corresponde a la serie correlativa empleada en todo el trabajo. Para mayor facilidad en la discusión, hemos identificado los cortes transversales por números progresivos de 1 a 10 y las columnas verticales con las letras A, B, C, D.

La interpretación de la Fig. 38 puede realizarse en sentido horizontal, analizando la evolución del clima de mar a cordillera, o bien en sentido vertical de norte a sur. Nos limitaremos a señalar algunos hechos bioclimáticos nuevos, ya que los principales elementos que intervienen en las distintas regiones de Chile han sido ya descritos con cierta amplitud en el capítulo anterior sobre hiterógrafos y climógrafos.

El primer corte transversal, que corresponde a las provincias de Tarapacá y de Antofagasta, muestra un régimen desértico al oeste y un régimen tropical al este. El clima desértico revela influencias oceánicas. La tendencia tropical se exterioriza por las lluvias de verano que se insinúan desde la parte interior, con máximos en la cordillera.

El segundo corte transversal, a la altura de la provincia de Atacama, presenta también un clima desértico, pero las lluvias de invierno otorgan ciertos rasgos de clima mediterráneo.

Desde el tercer corte en la provincia de Coquimbo hasta el séptimo a la altura de Arauco y Cautín, se observan todas las variedades del tipo climático mediterráneo, con una disminución progresiva del período seco hacia el sur.

El octavo corte, en correspondencia con las provincias de Valdivia a Chiloé, ya no manifiesta un período seco, pero el régimen pluviométrico muestra todavía una mayor concentración de las lluvias en invierno.

El noveno y décimo corte confirman lo expresado anteriormente sobre el hecho de que en la zona austral del país pueden diferenciarse dos grandes grupos de bioclimas: al oeste, un clima muy húmedo y templado-frío o frío, al este otro árido y con mayores fluctuaciones térmicas. La mayoría de las Estaciones orientales de estos cortes muestra que las curvas térmicas y pluviométricas están muy cercanas la una de la otra, condicionando períodos de aridez en verano, de duración variable. Un caso peculiar

está dado por Chile Chico (95), localidad extremadamente árida, cuyo diagrama tiene cierta semejanza con aquellos del Norte Chico de Chile; esto se debe al efecto térmico del gran lago General Carrera (lago Buenos Aires).

Analizando los mismos diagramas de mar a cordillera, se observa, para la zona de tendencia mediterránea, que en algunos casos la extensión del período húmedo aumenta progresivamente desde el mar hacia la cordillera, mientras que en otras circunstancias (localidades de Los Andes, Jahuel, Santiago, Angol, Osorno, Rio Bueno y otras del valle longitudinal) la pluviosidad llega a su punto más bajo en el centro del país, incrementándose hacia la costa y hacia la cordillera. Hay que tomar en cuenta, además, el efecto importante de la humedad relativa, cuyos valores máximos están siempre en la costa.

Consideramos de interés discutir ahora, sobre la base de las tendencias climáticas que se desprenden de estos gráficos, las clasificaciones de los climas propuestas por Gaussen y por Walter.

Para el análisis de la clasificación de Gaussen, nos basamos en las explicaciones que aparecen en el mapa bioclimático sobre la zona mediterránea de la UNESCO-FAO (1963) y en trabajos anteriores de Gaussen (1955a y 1956).

Según esta clasificación, la mayor parte de Chile, y desde luego todas las localidades que aparecen en la Fig. 38, corresponde al gran grupo de los climas térmicos o mesotérmicos. Harían excepción solamente algunas regiones muy reducidas del extremo sur, del área cordillerana y a mayor razón de las zonas antárticas.

Dentro de estos climas cálidos o templado-cálidos, el tipo desértico o erémico se encontraría en Chile desde el extremo norte hasta aproximadamente la provincia de Atacama inclusive, con excepción de los territorios cordilleranos en que las precipitaciones de verano condicionan un clima tropical.

El tipo subdesértico o hemierémico comprendería la provincia de Coquimbo (tercer corte transversal), algunas zonas de la provincia de Aconcagua y la región austral de Chile Chico.

El tipo mediterráneo abarcaría en Chile desde la provincia de Aconcagua hasta el límite norte de Cautin, con excepción de las zonas montañosas. A pesar de no haber podido establecer con exactitud las categorías intermedias a que se refiere Gaussen, no

hay dudas de que están representados en Chile todos los subtipos mediterráneos; xeromediterráneo, termomediterráneo, mesomediterráneo y submediterráneo. Algunas zonas patagónicas chilenas podrían asimilarse al clima de tipo submediterráneo.

El resto del país hacia el sur estaría comprendido en su mayor parte en un clima axérico templado o mesaxérico, exceptuando las zonas patagónicas ya señaladas a propósito de los climas subdesérticos y submediterráneos. Hay, además, algunas zonas de Chile austral que podrían ser incluidas en un tipo bixérico (Río Cisnes, 91).

En cuanto a la Isla de Pascua, ésta debería corresponder en sentido estricto, de acuerdo a la clasificación de Gaussen, a un clima templado sin estación seca, en la misma forma que la costa occidental de Chile austral (por ejemplo, San Pedro y Evangelistas), ya que en la Isla de Pascua la temperatura de los meses más fríos es inferior a 20 °C. A diferencia de las localidades australes, la Isla de Pascua tendría una tendencia subecuatorial.

Haciendo un breve análisis crítico de la clasificación de Gaussen, nos parece que para algunas zonas del país ésta carece de una correspondencia estrecha con las condiciones biológicas reales. Nos limitaremos a las siguientes observaciones:

a) Para algunas regiones desérticas o subdesérticas, con bioclimas que están condicionados más bien por la humedad atmosférica, esta clasificación no pone en debida evidencia las afinidades con el tipo mediterráneo de vegetación que se encuentra en zonas más meridionales de Chile.

b) De la misma forma, no capta las influencias mediterráneas en algunos tipos de climas axéricos, cuya vegetación revela íntimas relaciones con zonas más septentrionales. Esto se agrava debido a la escasa sensibilidad de este método para detectar la aridez, no reconociéndose por ejemplo períodos secos en Temuco y en la región de Río Bueno y Osorno, donde la aridez es real.

c) La objeción más seria, sin embargo, guarda relación con la dificultad de encuadrar en la clasificación de Gaussen algunos climas de la zona austral patagónica. Nos parece, por ejemplo, que difícilmente pueden establecerse influencias mediterráneas en el clima de Cerro Guido y de Punta Dungeness. Además Punta Arenas, cuya vegetación resiente de muchas influencias esteparias, marcando una transición entre la estepa y el bosque magallánico, debería clasificarse según Gaussen en un clima templado sin estación seca. Es evidente que la fuerte ventilación de la zona

incide notablemente en el aumento de la evapotranspiración. Respecto a esta localidad, coincidimos plenamente con los reparos consignados por Lauer (1960) en cuanto a los métodos de clasificación de Gaussen y de Walter.

Analizando ahora el sistema de clasificación de Walter (1957), es posible evidenciar que un gran número de los tipos climáticos enunciados por este autor tiene su equivalencia en Chile. El clima subtropical con lluvias de verano se encuentra en la zona lluviosa de la puna de Tarapacá y de Antofagasta. El clima árido muestra un tipo desértico extremo en la mayor parte de Tarapacá y Antofagasta, mientras Atacama pertenecería más bien al tipo climático árido subtropical.

El clima con “lluvias invernales suficientes” abarca la mayoría del territorio chileno. En Coquimbo y en parte de Aconcagua, habría un clima de estepa subtropical. Desde estas zonas hasta el límite norte de Cautín, el tipo sería mediterráneo, mientras en el resto de Cautin, Valdivia, Osorno, Llanquihue y Chiloé se exteriorizaría el tipo climático denominado por Walter “cólquico”. Este último correspondería a grandes rasgos, en la clasificación de Koeppen, al clima con sigla Cfs.

También en el caso de la clasificación de Walter, resulta dificultoso encontrar una exacta delimitación para los climas del sur de Chile; la parte más árida de la franja oriental podría corresponder a un clima de estepa submediterráneo (Chile Chico); en el lado oriental habría también clima de estepa arbórea con período seco (Punta Arenas), climas de estepa con período de aridez corto (Cerro Cuido y Punta Dungeness) y probablemente también climas semidesérticos con largo período árido.

Más arduo es encontrar una definición adecuada, siguiendo la clasificación de Walter, para el clima de la zona occidental lluviosa de Chile austral. Esta puede difícilmente homologarse a los climas de Europa central, ya que no hay máximos manifiestos de precipitaciones en ningún período del año, con un régimen oceánico casi isotérmico.

El clima de la base antártica Gabriel González Videla tiene ciertas analogías con el tipo climático ártico.

En resumen, nos parece que las clasificaciones de Gaussen y de Walter, a pesar de la terminología muy distinta que ellos emplean, tienen muchos puntos de contacto; esto no puede extrañar, dado que estos sistemas se fundan en similares bases de clasificación. Ambos tipos son adecuados para algunas zonas chilenas, mostrando en

cambio cierta discordancia con las realidades biológicas en otras regiones del país. Con esto se confirma la aseveración final del trabajo de Lauer ya citado, en el sentido de que la aplicación de estos gráficos climáticos no puede universalizarse en forma indiscriminada, por lo menos sin una ulterior etapa de comprobación y de análisis crítico.

En la etapa actual de nuestros conocimientos que necesitan por cierto mayores confirmaciones, nos parece que el método de clasificación de Gaussen es más acertado que el de Walter en el hecho de considerar un tipo mediterráneo de gran extensión, con algunas subdivisiones dadas por gradientes de aridez. Por el contrario, la clasificación de las zonas áridas esteparias del sur de Chile es más adecuada basándose en las pautas enunciadas por Walter.

No hemos analizado comparativamente los datos derivados del empleo del ábaco hidrotérmico en las distintas zonas de Chile, ya que las tendencias climáticas permanecen inalteradas, cambiando sólo la mayor amplitud del periodo de aridez.

C) Consideraciones finales sobre los sistemas de representación climatográfica

Al discutir comparativamente las ventajas y desventajas que puede representar el empleo del sistema de coordenadas con escala en una ordenada (hiterógrafos y climógrafos) en relación a los diagramas climáticos con escalas en los dos ejes de ordenadas (gráficos de Gaussen, Walter, etc.), nuestras conclusiones principales son las siguientes:

a) Las grandes tendencias climáticas parecen destacarse en un primer golpe de vista más claramente en los hiterógrafos que en los diagramas climáticos de Gaussen-Walter. Esta apreciación subjetiva se ha visto confirmada repetidamente por la experiencia didáctica.

b) El acoplamiento de hiterógrafos y climógrafos permite considerar gráficamente la humedad relativa, que en los esquemas de Gaussen-Walter queda excluida.

c) En general, la forma de los hiterógrafos y climógrafos depende poco de las escalas relativas que se utilicen para temperatura, precipitaciones y humedad relativa. Por el contrario, las relaciones proporcionales entre las escalas de temperatura y de precipitaciones en los otros diagramas climáticos modifican radicalmente los resultados

obtenidos. Hay, además, numerosas controversias en cuanto a la mejor proporcionalidad de las escalas utilizables en las distintas regiones del globo (Lauer 1960).

d) Las clasificaciones propuestas sobre la base de los diagramas climáticos, en particular aquella propuesta por Gaussen se basan en forma demasiado preponderante en el período de aridez como factor ecológico diferencial, siendo que en las latitudes elevadas el control por el frío es de mayor trascendencia.

e) Por otra parte, los diagramas climáticos del tipo de los de Gaussen y Walter tienen la gran ventaja de permitir una apreciación mucho más precisa del período de aridez y eventualmente del período frío; es también más fácil identificar los datos correspondientes a cada mes, lo que en hiterógrafos y climógrafos no siempre es posible en figuras de dimensiones pequeñas. Sin embargo, hemos visto que se puede mejorar el valor informativo de los hiterógrafos, introduciendo líneas demarcatorias de períodos áridos, subáridos, fríos y semifríos (Figs. 3 y 4).

IV. EL CONCEPTO DE ARIDEZ

Los criterios para enfocar el problema de la aridez, como también los métodos de su medición, varían de manera muy divergente según si el análisis haya sido realizado por un meteorólogo, un climatólogo, un biólogo o un agrónomo; incluso dentro de una misma disciplina, existen sobre la aridez las más heterogéneas interpretaciones. La razón de estas discordancias se debe principalmente, a nuestro entender, en la dificultad de describir objetivamente en qué consiste este fenómeno; por ejemplo, en una escala biológica, las diferentes especies de animales y de plantas pueden reaccionar en forma muy distinta respecto a sus necesidades hídricas, siendo para algunas especies árido un período o una zona que para otras cumple con sus requerimientos óptimos.

Un buen enfoque crítico sobre este argumento ha sido expuesto por Wallén (1963) en la Conferencia Latinoamericana sobre el Estudio de las Regiones Aridas. En este trabajo se destaca que, en el estado actual de los conocimientos faltan bases realmente concretas para un programa conjunto en cuanto al estudio de la aridez.

En la revisión de Dzerdzeevskii (1958) sobre problemas climatológicos de la URSS, aparecen también algunos cuadros en que se recopilan claramente los principales índices y métodos para medir la aridez.

Si quisiéramos hacer una reseña de los investigadores que han propuesto nuevos criterios para definir la aridez o bien cuyos principios deben considerarse para este fin, la lista debería ser extremadamente larga. Nombraremos sólo algunos de estos autores, con un orden que no refleja ni su grado de importancia ni su sucesión cronológica: Azzi, Bagnouls, Blaney, Bouchet, Bova, Boyko, Budyko, Capot-Rey, Dalton, Dantin & Ravenga, Despois, Dukutchaeu, Dubief, Emberger, Falkner, Gaussen, Giacobbe, Graçanin, Grunow, Holdridge, Ivanova, Jaeger, Köppen, Kostin, Lang, Lauer, de Martonne, Mayr, Meigs, Meyer, Milthorpe, Oldekop, Papadakis, Paterson, Pavari, Penck, Penman, Perrin, de Philippis, Portères, Prescott, Reichel, Salianinov, Shostakovich, Skvortsov, Ezymkiewicz, Thornthwaite, Transeau, Trudeau, Turc, Vyssotsky, Walter y von Wissmann. Con una búsqueda bibliográfica más completa, el número de índices propuestos podría incrementarse notablemente.

Probablemente, ninguno de estos índices tiene una validez absoluta para todas las regiones del globo; por lo demás, ninguno ha sido aceptado por una fuerte mayoría de los especialistas que trabajan en este campo.

Resulta evidente que habría sido imposible, dentro de los límites que nos hemos propuesto en este trabajo, analizar la aplicación en Chile de todos estos índices, como tampoco discutir las bases conceptuales que han llevado a su formulación.

Cayendo en ciertas generalizaciones con el fin de entregar una ordenación sintética de los distintos criterios, pueden subdividirse cuatro grandes líneas metodológicas para la definición de la aridez:

a) El método más antiguo, pero al mismo tiempo el más imperfecto, consiste en tomar en consideración sólo las isoyetas o las precipitaciones mensuales (30 mm como límite de aridez), abstrayéndose de los factores térmicos.

b) Otros autores tratan este problema desde un punto de vista climático más completo, mediante la interrelación de la temperatura con las precipitaciones; se basan en el supuesto que con la temperatura aumenta correlativamente la evapotranspiración. Los más conocidos en esta línea son Köppen, Lang y de Martonne. En este mismo sentido, debemos ubicar a los bioclimatólogos que introducen también la humedad relativa en los índices, como factor ecológico de importancia para evaluar la aridez; en el índice xerotérmico de Bagnouls y Gaussen el empleo de los datos de humedad relativa es directo, en tanto que Emberger y Giacobbe consideran indirectamente la humedad relativa (que es inversamente proporcional a la amplitud térmica), al tomar en

cuenta en sus cálculos a los extremos térmicos. Un perfeccionamiento en esta línea de trabajo podría ser la inclusión en los índices del coeficiente de variación de las precipitaciones a través de los años de observación, o por lo menos una relación entre los valores máximos y los mínimos anuales de lluvias.

c) Una tercera corriente metodológica tiene como base conceptual el cálculo de la evapotranspiración potencial, que sustituye a los valores reales cuya medición presenta todavía cierta dificultad. Estos cálculos se fundamentan generalmente en estudios experimentales previos, pero su generalización a una escala mundial ha mostrado en la mayoría de los casos fallas evidentes. El precursor de esta tendencia es Thornthwaite, pero enfoques semejantes tienen también los trabajos de Blaney, Penman y Turc. Un aspecto fundamental en estos casos es el conocimiento de la radiación global, cobrando una importancia básica los trabajos y los mapas de Budyko sobre el balance de radiación.

d) Finalmente, muchos investigadores miran con sentido crítico estos métodos indirectos para medir la aridez y utilizan principalmente una escala de medida biológica, es decir, los indicadores ecológicos; destacan que los organismos vivos son más sensibles que los instrumentos meteorológicos, reflejando los efectos conjuntos y sinérgicos de muchos elementos climáticos. Trabajos muy interesantes en esta línea son aquellos de Boyko en Israel (1954, 1955, 1957 y 1962); además, en las escuelas botánicas mediterráneas, existe una notable tradición en este aspecto, basándose muchas clasificaciones bioclimáticas en la distribución de especies vegetales; citamos al respecto la clasificación de Mayr y Pavari, seguida en gran parte por de Philippis. El enfoque biológico del problema de la aridez tiene además la ventaja que permite suplir la escasez actual de una red de Estaciones meteorológicas en muchas regiones del globo. Como indicadores ecológicos se han utilizado preferentemente algunas especies vegetales o bien el aspecto fisionómico de la vegetación (Holdridge 1947, Tosi 1960), que no es sino un reflejo de las condiciones climáticas regionales. Nos parece que también la fauna edáfica podría constituir un buen material para referencias bioclimáticas, debido a su antigüedad y en parte al hecho de substraerse relativamente de las influencias antrópicas. Los inconvenientes de esta línea de trabajo son que, en general, sólo es posible obtener conclusiones para territorios poco extensos y que además se presuponen conocimientos previos de taxonomía y autoecología de plantas y animales, los que lamentablemente faltan en la mayoría de las regiones sudamericanas.

En este trabajo analizaremos primeramente algunos índices y criterios para medir aridez que corresponden a la tendencia analizada en el punto b (Lang, de Martonne,

Emberger, Giacobbe, Gaussen y Bagnouls). Sucesivamente, en cuanto a la corriente que adopta el criterio básico de la evapotranspiración, se considerarán por el momento sólo los métodos de Thornthwaite, de Holdridge y del ábaco hidrotérmico. Respecto al punto de vista que aborda estos problemas bioclimáticos con criterio esencialmente biológico, a pesar de haberse trabajado varios años sobre organismos animales del suelo en los ecosistemas chilenos, no estamos en condiciones todavía de entregar conclusiones de cierta amplitud.

El cuadro 2 consigna las fórmulas utilizadas en este trabajo para la obtención de índices climáticos. Están representadas las expresiones de Lang, de de Martonne (anual y mensual), Emberger, Giacobbe (índice de aridez calculado mensualmente) y Thornthwaite (efectividad de las precipitaciones). Los límites de Holdridge entre zonas húmedas y subhúmedas se obtuvieron a través de su gráfica en forma de pirámide (Tosi 1960), que no se estimó necesario reproducir aquí.

Los resultados obtenidos para todas las Estaciones chilenas aparecen en el cuadro 3, con excepción de los índices mensuales de de Martonne y de Giacobbe presentados en forma gráfica en la Fig. 40 y 41, respectivamente. Los resultados de acuerdo al método de Thornthwaite se ampliarán y discutirán más exhaustivamente en los capítulos sobre potencialidad vegetativa y clasificación general del clima chileno.

Para ordenar la discusión separaremos los índices estudiados en dos grandes grupos: los que utilizan medias anuales (Lang, de Martonne y Emberger) y los que emplean datos mensuales (de Martonne, Giacobbe y diagramas climáticos); en el primer caso se pueden medir grandes límites regionales de aridez; en el segundo, la extensión temporal del período árido. Una situación intermedia estaría configurada por el índice de Thornthwaite, en que los datos mensuales confluyen y se suman para establecer un índice anual de efectividad de las precipitaciones. También el diferente número de meses secos puede servir de base para definir globalmente toda una región respecto a la aridez, de acuerdo a los principios de Penck adoptados también por Lauer (1960) en su mapa de meses húmedos y áridos (isohigromenas).

El índice de Lang (Regenfaktor o factor pluviométrico) es uno de los más antiguos y ha sido utilizado con buen éxito, sobre todo para fines pedológicos (Comel 1957). El límite de 40, que constituye según Lang la línea demarcatoria entre zonas áridas y zonas con régimen hídrico satisfactorio, se sitúa en Chile un poco al sur de Rancagua, más precisamente entre Rancagua y Rengo en el valle longitudinal; este límite remonta más al norte hacia la cordillera, de tal manera que San José de Maipo presentaría ya

CUADRO N° 2

FORMULAS EMPLEADAS EN EL CALCULO DE INDICES DE ARIDEZ
Formulae used for calculating aridity indices

a. *Pluviofactor de Lang*

$$\frac{P}{T}$$

P = Precipitación anual en mm
 T = Temperatura media anual en °C

b. *Indices de aridez de de Martonne*

Indice anual

$$\frac{P}{T + 10}$$

Indice mensual

$$\frac{P}{T + 10} \cdot 12$$

P = Precipitación anual o mensual en mm
 T = Temperatura media anual o mensual en °C

c. *Coefficiente de Emberger (Q)*

$$Q = \frac{1000 P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) (M - m)}$$

M = Temperatura máxima media del mes más caluroso
 (expresada a partir del 0 absoluto)

m = Temperatura mínima media del mes más frío
 (expresada a partir del 0 absoluto)

P = Precipitación anual en mm

d. *Indice de aridez de Giacobbe (mensual)*

$$\frac{P \cdot 100}{M \cdot \text{Exc.}}$$

P = Precipitación mensual en mm

M = Temperatura máxima media en °C

Exc. = Excursión térmica media diaria (diferencia entre temperatura máxima media y temperatura mínima media)

e. *Indice de Thornthwaite (P/E = Efectividad de la precipitación)*

$$P/E = \sum_{n=1}^{12} 1.64 \left(\frac{P}{T + 12.2} \right)^{\frac{10}{9}}$$

P = Precipitación mensual en mm

T = Temperatura media mensual en °C

CUADRO Nº 3

INDICES ANUALES DE ARIDEZ CORRESPONDIENTES A LAS ESTACIONES
METEOROLOGICAS ANALIZADAS

Annual indices of aridity for chilean meteorological stations

Nº	ESTACION	Lang	de Martonne	Emberger	Thornthwaite (P/E)
1	ARICA	0.03	0.03	0.15	0.02
2	IQUIQUE	0.12	0.08	0.58	0.08
3	LOS CONDORES	0.00	0.00	0.00	0.00
4	CANCHONES	0.03	0.02	0.06	0.02
5	COLONIA PINTADOS	0.02	0.01	0.04	0.01
6	COLLAHUASI	-100.10	8.70	12.94	11.27
7	OLLAGÜE	10.38	4.20	(+)	5.11
8	CHUQUICAMATA	0.80	0.42	1.43	0.50
9	CALAMA	0.00	0.00	0.00	0.00
10	SAN PEDRO DE ATACAMA	3.04	1.78	(+)	2.41
11	CERRO MORENO	0.13	0.08	0.51	0.09
12	CACHINAL	0.27	0.14	(+)	0.20
13	REFRESCO	0.64	0.38	1.36	0.48
14	TALTAL	1.44	0.92	5.33	1.23
15	CHAÑARAL	0.10	0.06	0.44	0.07
16	POTRERILLOS	4.61	2.45	12.49	3.54
17	CALDERA	1.60	0.99	6.50	1.33
18	ISLA DE PASCUA	56.33	37.80	285.00	65.48
19	COPIAPO	1.80	1.12	3.92	1.67
20	VALLENAR	1.31	0.81	3.26	1.15
21	LA SERENA	8.61	5.13	30.25	8.52
22	PUNTA TORTUGA	6.97	4.15	30.71	6.45
23	VICUÑA	10.13	6.16	23.30	10.78
24	OVALLE	8.81	5.32	20.70	9.10
25	ZAPALLAR	27.06	15.88	94.46	29.03
26	BAÑOS DE JAHUEL	19.57	11.92	41.95	23.03
27	QUINTERO	20.25	11.78	63.54	20.76
28	LLAY LLAY	27.07	15.93	51.14	31.41
29	LOS ANDES	20.15	12.22	37.14	23.96
30	JUNCAL	30.88	14.88	44.78	28.26
31	QUILLOTA	29.45	17.38	68.88	33.11
32	PUNTA ANGELES	30.31	18.09	111.13	32.98
33	EL BELLOTO	21.56	13.11	48.02	25.51
34	QUILPUE	40.86	24.11	87.80	49.00
35	PEÑABLANCA	25.65	15.35	60.09	29.92
36	COLINA	22.01	13.58	41.28	27.43
37	MAITEN REDONDO	82.61	45.06	(+)	98.74
38	SANTIAGO	25.65	14.90	46.98	29.33
39	LOS CERRILLOS	22.47	13.03	38.26	25.90
40	SAN ANTONIO	33.43	19.02	115.19	34.69
41	LO ESPEJO	35.57	20.43	67.02	42.06
42	EL BOSQUE	20.87	12.79	43.57	25.67
43	ISLA J. FERNANDEZ	73.30	45.54	311.90	67.01
44	SAN JOSE DE MAIPO	48.31	27.21	86.39	56.24
45	SEWELL	110.75	53.96	186.67	-20.71
46	RANCAGUA	38.28	22.79	75.85	47.14
47	RENGO	42.60	24.92	76.10	53.64
48	SAN FERNANDO	58.00	33.22	112.18	71.94
49	CURICO	51.31	30.20	93.32	65.07
50	MOLINA	69.73	39.68	119.35	87.90

(Continuación del cuadro Nº 3)

Nº	ESTACION	Lang	de Martonne	Emberger	Thornthwaite (P/E)
51	CONSTITUCION	67.82	39.45	177.79	78.71
52	TALCA	48.16	28.74	90.94	61.06
53	PUNTA CARRANZA	65.48	36.63	252.96	65.37
54	PANIMAVIDA	82.58	47.29	149.42	101.67
55	LINARES	72.45	42.14	137.86	90.43
56	CAUQUENES	48.14	28.80	92.33	59.96
57	CHILLAN	73.87	43.09	141.38	91.11
58	PUNTA TUMBES	67.37	37.16	245.81	69.20
59	TALCAHUANO	89.86	50.10	261.32	99.39
60	CONCEPCION	105.50	58.40	227.59	119.94
61	ISLA SANTA MARIA	71.79	39.45	278.58	72.59
62	PUNTA LAVAPIE	60.44	34.50	212.35	63.18
63	LOS ANGELES	95.65	55.30	186.80	113.59
64	LEBU	100.17	56.62	281.48	110.18
65	ANGOL	74.47	41.80	142.96	86.79
66	CONTULMO	150.48	83.89	308.61	173.55
67	VICTORIA	107.20	59.34	194.37	122.53
68	TRAIQUEN	103.43	56.42	187.18	115.40
69	ISLA MOCHA W	108.96	60.75	425.48	114.50
70	ISLA MOCHA E	99.22	55.51	352.32	106.43
71	CULLINCO	146.97	75.63	241.63	154.65
72	LONQUIMAY	226.11	104.55	244.20	246.31
73	TEMUCO	110.40	60.22	217.21	131.90
74	PUERTO DOMINGUEZ	137.45	73.52	348.27	133.43
75	LONCOCHE	169.15	99.26	(+)	221.90
76	VALDIVIA	197.36	107.25	435.45	228.98
77	PUNTA GALERA	183.82	97.52	723.02	192.42
78	RIO BUENO	109.31	58.00	212.24	114.20
79	OSORNO	97.35	54.08	214.23	108.76
80	FRUTILLAR	161.07	81.73	345.00	160.46
81	PUERTO MONTT	209.09	110.46	540.20	221.17
82	MAULLIN	197.43	97.20	407.75	191.40
83	PUNTA CORONA	225.28	116.45	757.56	232.66
84	PUDETO	164.42	86.13	416.03	169.40
85	MORRO LOBOS	257.44	125.42	623.59	251.28
86	CASTRO	137.80	74.00	307.29	151.58
87	QUELLON	193.17	99.40	526.44	203.26
88	FUTALEUFU	212.90	106.98	339.47	245.37
89	ISLA GUAFO	145.26	71.52	523.99	132.05
90	MELINKA	313.77	156.89	863.14	322.01
91	RIO CISNES	92.34	39.88	105.24	86.39
92	PUERTO AYSEN	326.73	154.77	641.86	298.50
93	COYHAIQUE	129.34	61.27	217.07	120.52
94	BALMACEDA	78.41	33.08	89.06	64.26
95	CHILE CHICO	16.61	8.89	30.49	15.16
96	CABO RAPER	223.83	103.49	637.85	192.51
97	SAN PEDRO	520.28	234.28	1.316.71	475.10
98	PUERTO EDEN	329.59	137.97	644.79	266.56
99	CERRO GUIDO	35.64	15.50	45.73	24.28
100	PUERTO BORIES	44.68	18.08	53.42	29.04
101	EVANGELISTAS	401.51	156.68	1.121.21	297.97
102	PUNTA DUNGENESS	35.74	14.84	61.56	22.11
103	PUNTA ARENAS	66.79	26.80	102.95	44.25
104	SAN ISIDRO	143.81	53.36	247.03	89.96
105	RIO DOUGLAS	169.32	60.08	206.34	106.19
106	NAVARINO	76.40	28.35	125.28	44.73
107	BASE ANT. G. G. V.	200.03	98.52	164.84	212.45

características húmedas. Una división climática de Chile de acuerdo a este índice ha sido discutida bastante ampliamente en un trabajo preliminar (di Castri & Hajek 1961b) y por lo tanto no insistiremos mayormente en él, salvo en el capítulo sobre las relaciones entre clima y suelo.

El índice anual de de Martonne aquí utilizado es aquel formulado en 1926; ha sido ampliamente adoptado para el estudio climático en áreas tropicales. No hemos calculado el índice de 1942 que según Marcuzzi (1951) no aportaría resultados claramente distintos en relación al anterior. En el caso del índice de de Martonne, el límite entre zonas áridas y no áridas está dado por la cifra de 20; esta demarcación se verifica en Chile un poco al norte de Rancagua; aparecen nuevamente valores inferiores a 20, es decir, condiciones áridas, en la mayoría de las Estaciones de la franja oriental de Chile austral. Estos resultados son bastante similares a los obtenidos con el índice de Lang; en efecto, el planteamiento de los dos índices es análogo, salvo la introducción de una constante 10 en el índice de aridez de de Martonne para obviar el inconveniente de las temperaturas negativas. El índice de de Martonne es aplicado también en Hidrología, estableciéndose la cifra 15 como límite para que la cantidad de precipitaciones permita el escurrimiento normal de las aguas y un régimen hidrológico satisfactorio. El valle del río Aconcagua se encontraría en una situación transicional, con valores que fluctúan alrededor de esta cifra; todos los ríos ubicados más al norte estarían en neto déficit.

El coeficiente de Emberger de 1930 introduce respecto a los dos índices anteriores una innovación importante, la de no considerar los valores medios de temperatura sino los extremos, en este caso las medias de las máximas del mes más cálido y las medias de las mínimas del mes más frío. Es indudable que los extremos reflejan mucho más exactamente los efectos limitantes de la temperatura sobre la vegetación; Boyko (1955 y 1962) insiste sobre la necesidad de considerar para fines ecológicos los extremos climáticos, siendo las medias simples abstracciones para facilidad de cálculo; también Mathon (1958) afirma que las temperaturas medias tienen un muy distinto significado sobre la vegetación, según si la desviación de la media sea grande o pequeña. Estos conceptos tienen una plena aplicación en Chile, donde generalmente la oscilación diaria de la temperatura es muy elevada.

El hecho de tomar en cuenta los extremos térmicos permite al índice de Emberger captar indirectamente la influencia de la humedad relativa, cuya intensidad sería directamente proporcional al coeficiente de Emberger e inversamente a la amplitud térmica.

El límite chileno entre zonas semiáridas y subhúmedas se extendería también, de acuerdo al índice de Emberger, un poco al norte de Rancagua y de Rengo; sin embargo, se incluirían en la zona subhúmeda no sólo localidades cordilleranas como San José de Maipo, sino también las Estaciones situadas en la costa hasta Zapallar; esto, que parece adecuado desde un punto de vista biológico, se debe a la sensibilidad de este índice para detectar la influencia de la mayor humedad relativa como mitigadora de la aridez. Las subdivisiones bioclimáticas de Chile, realizadas sobre la base del índice de Emberger, se discutirán más ampliamente en el capítulo sobre la tendencia mediterránea, ya que el coeficiente tiene su mayor validez para las regiones con este clima.

Según la fórmula de Thornthwaite (1931), en que la división entre zonas semiáridas y subhúmedas está dada por el valor 32 del índice, el límite crítico de la aridez llegaría en Chile hasta un poco al sur de Santiago, dejando afuera algunas Estaciones de influencia marítima, como Peñablanca, Quilpué y Quillota; Zapallar aparece dentro del área semiárida. Condiciones semiáridas existirían también en las Estaciones orientales de Chile austral.

De acuerdo al método de Holdrídge, la relación 1.0 de evapotranspiración potencial que limita las situaciones de déficit y de suficiencia de agua, pasaría a nivel de Molina-Constitución, excluyendo las Estaciones más meridionales de Talca y de Cauquenes que son reconocidamente más secas, como también numerosas localidades de Chile austral transandino. Sin embargo, si consideramos la subdivisión de Holdrídge entre zonas semiáridas y subhúmedas, que correspondería mucho más a los límites señalados por los autores precedentes (en particular por Thornthwaite y Emberger), la línea demarcatoria también correría ligeramente al sur de Santiago y al norte de Rancagua subiendo lateralmente hacia las regiones costeras y cordilleranas.

Existiría, por lo tanto, una sorprendente coincidencia entre todos los métodos señalados en el sentido de que la zona de transición entre climas semiáridos y subhúmedos abarcaría una franja limitada, que se extiende desde el sur de Santiago hasta el sur de Rancagua, es decir, poco más de 50 km; este límite de aridez remontaría más al norte hacia la costa y hacia la cordillera.

Estos resultados divergen en cambio de los de Lauer (1960), basados en la división de Penck que fija la demarcación entre las zonas semiáridas y subhúmedas a nivel de los 6 meses secos. Este límite según el mapa de Lauer alcanzaría hasta el sur de Chillán,

aun cuando nuestros resultados lo harían subir a la altura aproximada de Linares. Nos parece, sin embargo, que las divergencias con Lauer son más exteriores que de fondo; se trata, en suma, de un problema de interpretaciones algo convencionales de grados de aridez que difícilmente podría zanjarse en forma rígida.

Finalmente, nos parece necesario dejar bien de manifiesto que todos los índices anuales adolecen del gran defecto de considerar datos globales, de tal forma que una zona con precipitaciones distribuidas uniformemente a lo largo de todo el año podría arrojar índices iguales a los de otra localidad con prolongado período árido e intensas precipitaciones localizadas en pocos meses.

De mayor trascendencia biológica y al mismo tiempo de más clara aplicabilidad agropecuaria y forestal, son los índices mensuales, destinados a establecer la duración del período árido. Ya hemos hecho mención a la posibilidad de utilizar con este fin algunos diagramas climáticos, ya sea empleando la relación $P=2T$ de Gaussen o la de Walter de $P=3T$ (para la delimitación de los períodos semiáridos), o las propuestas por Lauer de $P=2,5T$ y $3P=5T$. Es interesante también el método de establecer la duración del período árido por medio de una curva de evapotranspiración potencial, como en el caso del diagrama de Thornthwaite y del ábaco hidrotérmico.

También el aspecto del diferente grado de sensibilidad de estos métodos para captar el período de aridez ha sido tocado en el capítulo anterior; hay también un análisis interesante al respecto en el trabajo de Lauer (1960). La Fig. 39 esquematiza la duración del período de aridez en todas las Estaciones meteorológicas chilenas según el diagrama de Gaussen-Walter y el ábaco hidrotérmico. Se observa que la duración del período árido, medido a partir del ábaco hidrotérmico, es casi constantemente mayor que la que deriva del diagrama de Gaussen-Walter. Aún más, en numerosas Estaciones sólo el ábaco hidrotérmico es capaz de detectar la existencia de aridez; es el caso de Isla de Pascua, Temuco, Loncoche, Río Bueno, Osorno y Castro, para cuyas localidades las observaciones biológicas confirman en gran parte los resultados del ábaco.

Estas conclusiones concuerdan también con las de Lauer, que sostiene la mayor validez para el territorio chileno del índice de aridez mensual de de Martonne, cuyos resultados son bastante análogos a los del ábaco hidrotérmico. Queremos destacar también que el uso del índice xerotérmico de Gaussen y Bagnouls (UNESCO-FAO 1963) puede contribuir a variar el número de días biológicamente secos, pero sólo en el sentido de disminuir y no de aumentar el período de aridez; esto sucede en las zonas

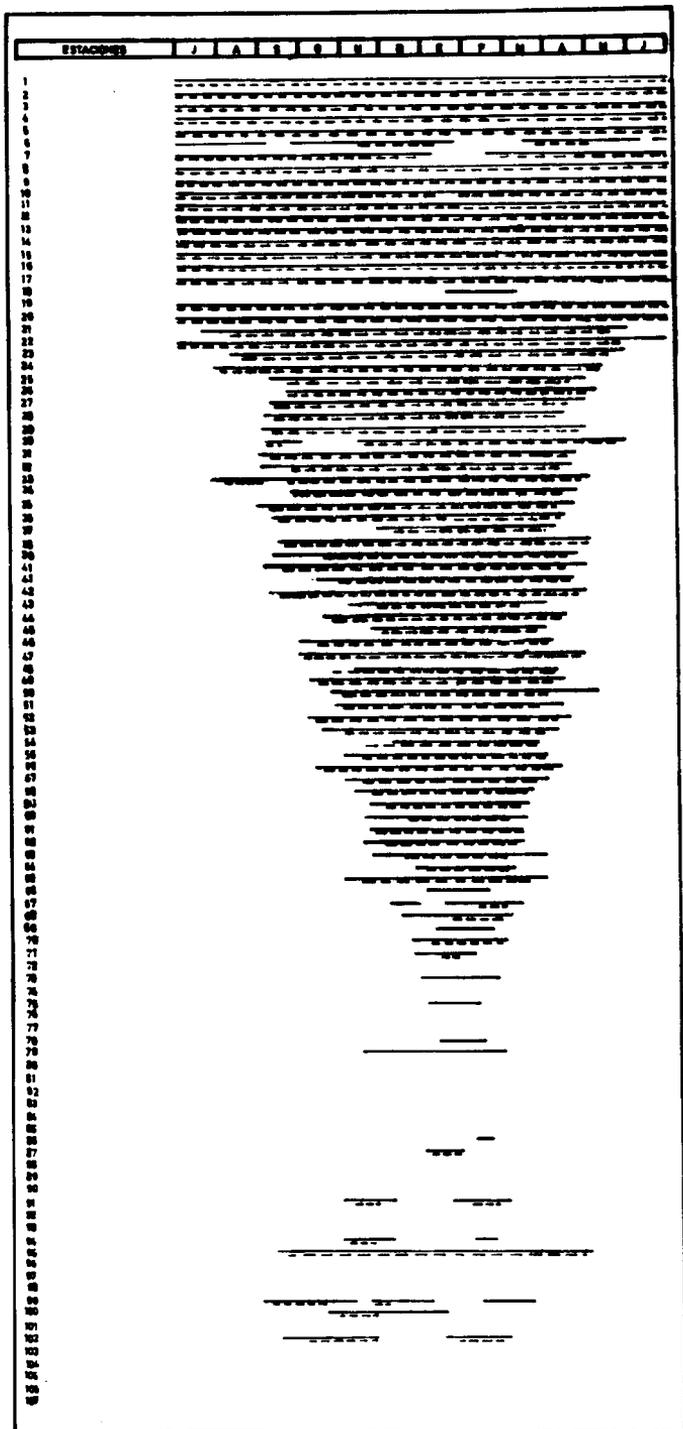


FIG. 39. DURACION DEL PERIODO DE ARIDEZ:
 _____ SEGUN ABACO HIDROTHERMICO.
 - - - - - SEGUN DIAGRAMA DE GAUSEN - WALTER.
 LENGTH OF THE ARIDITY PERIOD:
 _____ ACCORDING TO THE HYDROTHERMIC ABACUS.
 - - - - - ACCORDING TO THE DIAGRAM OF GAUSEN-
 WALTER.

áridas con abundantes neblinas costeras o con intenso rocío. Nos parece a este respecto, si se quiere utilizar para medir la aridez el diagrama ombrotérmico del tipo adoptado por Gaussen y Walter, que debería hacerse un uso mucho más intensivo de la proporción $P=3T$ propuesta por Walter, para aumentar la sensibilidad del diagrama hasta captar períodos semiáridos.

Para expresar gráficamente la extensión espacial y temporal de las condiciones de aridez en Chile, hemos adoptado el método de representación que aparece en las Figs. 40 y 41. Estos gráficos resultan fácilmente interpretables sobre todo en un país como Chile extendido en sentido latitudinal, pues las Estaciones meteorológicas se suceden casi exclusivamente de norte a sur.

En la Fig. 40 se presenta el aspecto general de la aridez en Chile según el índice mensual de de Martonne, considerando como mes húmedo aquel con un índice superior a 20, mes semiárido aquel con valores superiores a 10 e inferiores a 20, mes árido aquel con índice de aridez inferior a 10. Este mismo gráfico ha sido discutido en un trabajo anterior (di Castri et al. 1962).

En la Fig. 41 hemos utilizado la misma forma de representación para mostrar la distribución de la aridez en Chile, obtenida a base del índice de aridez de Giacobbe (1958 y 1959) que este autor usa sobre todo para medir la aridez en verano. A pesar de las consideraciones atendibles y respaldadas por muchos años de observaciones de este autor sobre la conveniencia de emplear su índice para lapsos estacionales, nosotros hemos preferido adoptar esta misma expresión para calcular la aridez mensual, debido a las siguientes dos razones principales.

1. La demarcación de los períodos estacionales es algo convencional, cuyos límites para Chile deberían por lo menos ser comprobados previamente. También Milthorpe (1961) insiste que el mes es la unidad de tiempo más útil para medir la aridez.

2. La utilización del índice mensual nos permitirá comparar los resultados con los del índice de de Martonne, ya que ambos se fundamentan sobre supuestos bastante distintos, cuyo relativo grado de validez queremos ensayar para Chile.

Hemos seguido las mismas subdivisiones propuestas por Giacobbe para su índice de aridez estival, las que se basan a su vez en las clásicas zonas bioclimáticas de Emberger para el área mediterránea. Diferenciaremos de esta forma meses superáridos (peráridos, o saharianos en el sentido de Giacobbe y de Emberger) con índice de

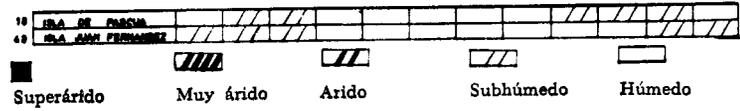
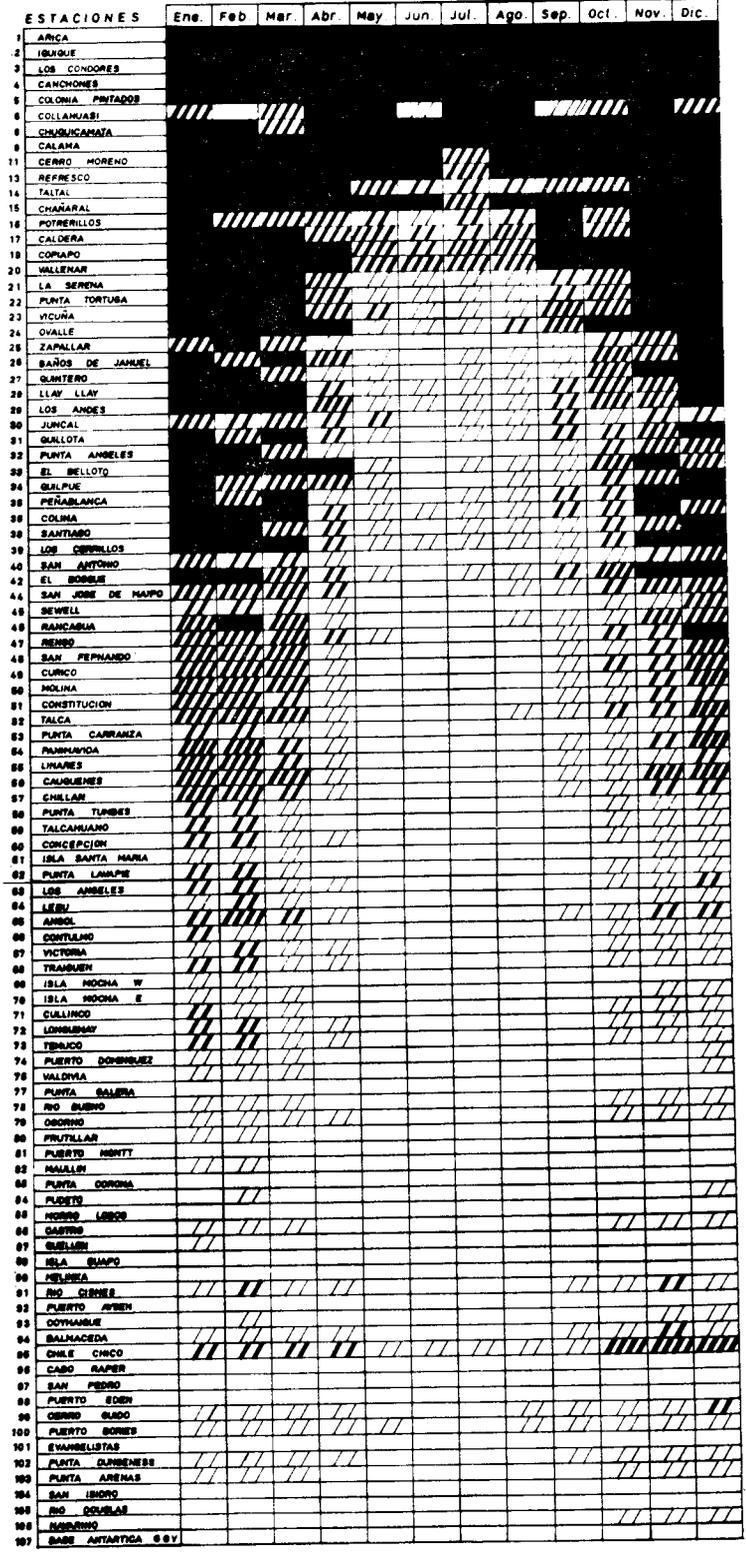
FIG. 46. CUADRO SINOPTICO DE LA ARIDEZ EN CHILE, SEGUN EL INDICE DE DE MARTONNE.
 SINOPTIC TABLE OF ARIDITY IN CHILE, ACCORDING TO THE INDEX OF DE MARTONNE.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1 ARAUCO													36° 20'	72° 22'	22
2 ARAUCO													36° 20'	72° 22'	22
3 LOS CONDORES													36° 18'	72° 20'	112
4 CANGONDES													36° 18'	72° 20'	112
5 COLIUA PINADOS													36° 18'	72° 20'	112
6 COLLASUASTI													37° 00'	68° 48'	4 800
7 COLLABUE													21° 13'	68° 10'	3 700
8 CHUMUCAMATA													22° 18'	68° 33'	2 770
9 CALAMA													23° 27'	68° 56'	2 280
10 S. PEDRO ATACAMA													27° 08'	68° 12'	2 438
11 CERRO MORENO													23° 18'	70° 26'	1 718
12 CASALMAL													24° 48'	68° 34'	2 700
13 REFRESCO													26° 10'	68° 33'	1 850
14 TALTAL													29° 25'	70° 32'	38
15 CHANARAL													28° 50'	70° 39'	8
16 POTRERILLOS													28° 50'	69° 27'	2 050
17 CIDRUELA													27° 05'	70° 32'	7
18 ISLA DE PASCUA													27° 10'	108° 39'	47
19 COPIAPO													27° 21'	70° 24'	370
20 VALLENAR													28° 35'	70° 48'	478
21 LA BERENA													28° 04'	71° 15'	32
22 PUERTO TORTUGA													28° 18'	71° 22'	32
23 VICUNA													30° 02'	71° 18'	670
24 OVALLE													30° 58'	71° 12'	230
25 SALLAMA													32° 32'	71° 30'	38
26 BAÑOS DE JAHUEL													32° 41'	70° 38'	1 180
27 QUINTERO													32° 47'	71° 32'	2
28 LA YELLA Y													32° 50'	70° 58'	305
29 LOS ANDES													32° 50'	70° 59'	2 178
30 JUNGAL													32° 52'	70° 10'	2 250
31 QUILLOTA													32° 53'	71° 16'	128
32 PUNTA ANGELES													33° 07'	71° 39'	47
33 EL BELLOTO													33° 04'	71° 24'	127
34 CHIGLUE													33° 04'	71° 23'	107
35 PENABLANCA													33° 04'	71° 23'	174
36 COLINA													33° 12'	70° 49'	842
37 MAITEN REDONDO													33° 18'	70° 22'	2 600
38 SANTIAGO													33° 47'	70° 42'	520
39 LOS CERRILOS													33° 58'	70° 23'	358
40 SAN ANTONIO													33° 58'	70° 23'	358
41 PLO ESPEJO													33° 34'	70° 42'	580
42 EL BOSQUE													33° 34'	70° 42'	580
43 ISLA J. FERNANDEZ													33° 37'	70° 32'	8
44 SAN JOSE DE NAUPO													33° 38'	70° 32'	1 068
45 RANCABUA													34° 08'	70° 48'	500
46 ARENCO													34° 24'	70° 32'	139
47 SAN FERNANDO													34° 38'	70° 00'	342
48 CURICO													34° 48'	71° 13'	228
49 MELINA													34° 58'	71° 18'	238
50 INSTITUCION													35° 05'	71° 58'	7
51 TALCA													35° 26'	71° 40'	87
52 PUNTA CANCHANZA													35° 36'	72° 38'	30
53 PANIMAVIDA													35° 48'	71° 24'	187
54 LINARES													35° 51'	71° 26'	157
55 CAUQUENES													36° 09'	72° 22'	177
56 PILLAN													36° 18'	72° 05'	178
57 PUNTA YUMBES													36° 37'	72° 00'	120
58 TALCANUANO													36° 43'	72° 07'	81
59 CONCEPCION													36° 50'	72° 02'	75
60 ISLA SANTA MARIA													36° 58'	72° 32'	70
61 PUNTA LAVANIE													37° 05'	72° 05'	72
62 LOS ANGELES													37° 08'	72° 21'	130
63 TEBU													37° 37'	72° 46'	68
64 ANTOLO													37° 42'	72° 38'	68
65 CONTULMU													38° 02'	72° 12'	38
66 VICTORIA													38° 13'	72° 21'	368
67 TAIKAIEN													38° 18'	72° 40'	176
68 ISLA NOCHA W													38° 33'	72° 00'	70
69 ISLA NOCHA E													38° 32'	72° 04'	38
70 CULLINCO													38° 32'	72° 18'	377
71 LONGUINAY													38° 38'	71° 18'	200
72 FENUCO													38° 48'	72° 36'	174
73 PUERTO DOMINGUEZ													38° 54'	72° 12'	8
74 PIONCHON													39° 23'	72° 30'	113
75 YANQUIVI													39° 26'	72° 14'	8
76 PUNTA SALENA													40° 01'	72° 44'	48
77 RIO BUENO													40° 18'	72° 08'	88
78 OSORN0													40° 23'	72° 00'	24
79 FREYLIAN													41° 07'	72° 09'	138
80 PUERTO MONTE													41° 20'	72° 37'	3
81 NAULLIN													41° 47'	72° 25'	38
82 PUNTA CONONA													41° 54'	72° 48'	11
83 PUBEYO													42° 04'	72° 24'	70
84 MORRO LONCO													42° 38'	72° 48'	88
85 CASTR0													42° 58'	72° 43'	4
86 CURELON													43° 08'	72° 43'	2
87 PUYALUFU													43° 24'	72° 38'	220
88 ISLA OVAPO													43° 24'	72° 38'	220
89 MELIINKA													43° 24'	72° 48'	8
90 RIO CISNES													44° 18'	72° 00'	708
91 PUERTO AVIEN													44° 34'	72° 31'	12
92 COTWATIBUE ALTO													44° 34'	71° 23'	146
93 BALMACEDA													44° 38'	71° 43'	70
94 CHILE CHICO													44° 38'	71° 43'	522
95 CARO RAPER													44° 38'	72° 38'	40
96 SAN PEDRO													47° 43'	74° 36'	22
97 PUERTO EDEN													48° 04'	74° 28'	22
98 CERRO GUIDO													48° 26'	74° 28'	22
99 PUERTO BONIN													48° 26'	73° 31'	22
100 EVANGELISTAS													48° 24'	73° 04'	22
101 PUNTA DUNGENBERG													48° 24'	68° 16'	8
102 PUNTA ARENAS													48° 16'	70° 24'	28
103 SAN ISIDRO													48° 16'	68° 09'	8
104 RIO DOUGLAS													48° 16'	68° 09'	8
105 NAVARINO													44° 48'	68° 09'	18
106 S. ANTONIA 80V															

■ MES ARIDO (I. DE DE MARTONNE < 10)
 ▨ MES SEMIARIDO (" " " > 10 < 20)
 □ MES HUMEDO (" " " > 20)

• ESTACION ACCESORIA (menos de 7 años de observaciones)

FIG. 41. CUADRO SINOPTICO DE LA ARIDEZ EN CHILE, SEGUN EL INDICE DE GIACOBBE, MODIFICADO.
 SYNOPSIS TABLE OF THE ARIDITY IN CHILE, ACCORDING TO THE INDEX OF GIACOBBE, MODIFIED.



aridez inferior a 1, meses áridos con índice de 1 a 4, meses semiáridos con índice de 4 a 10, meses subhúmedos con índice de 10 a 50 y meses húmedos con índice superior a 50.

El índice de Giacobbe, respecto al de de Martonne, se caracteriza por diferenciar un mayor número de categorías de aridez y además por incluir en su fórmula los parámetros de temperatura máxima y de excursión térmica; estos factores son muy importantes desde un punto de vista biológico en la mayor parte de Chile, puesto que en la noche se produce en general una caída térmica muy manifiesta, que la temperatura media no puede reflejar. Por otro lado, la excursión térmica puede considerarse inversamente proporcional a la humedad relativa, elemento climático de mucha importancia en los desiertos y semidesiertos costeros de Chile. De acuerdo a Giacobbe, los resultados alcanzados por este método son eminentemente convencionales, permitiendo sólo una comparación entre localidades. Es probable que, después de un estudio de este método en la mayor parte del globo, se podrá llegar a formulaciones de carácter más absoluto.

Una visión de las dos figuras, 40 y 41, permite destacar que en ambos casos la evolución de la aridez en Chile tiene un sentido semejante: disminuye progresivamente de norte a sur, llegando a su punto mínimo en las provincias de Valdivia a Chiloé y aumentando de nuevo en la franja oriental de Chile austral. La regularidad de esta secuencia está interrumpida en la Fig. 40 por las Estaciones insulares de Isla de Pascua y de Juan Fernández, que por estas razones han sido colocadas en la Fig. 41 al final del cuadro.

El examen comparativo permite apreciar, además, la mayor sensibilidad del método de Giacobbe, que demarca diferentes tipos de aridez y muestra una aceptable correspondencia con los tipos vegetacionales de las zonas. Por ejemplo, el área que va desde Arica a Vallenar es casi uniformemente árida según el gráfico de de Martonne con excepción de algunas localidades andinas; los resultados según Giacobbe, en cambio, permiten diferenciar tipos intermedios de aridez con completa validez biológica. Destacamos en especial el menor grado de aridez de Taltal, localidad en cuya cercanía existen formaciones vegetales relativamente densas (matorrales espinosos). Esto se debe a que el método de Giacobbe puede captar la influencia de la humedad relativa, que es muy elevada a lo largo de toda la costa norte de Chile.

Generalizando, podemos afirmar que las diferencias mayores entre los dos métodos se revelan en las localidades costeras; éstas, en la mayor parte de Chile, arrojan valores

inferiores de precipitaciones en relación a las localidades más interiores, pero muy superiores en cuanto a humedad relativa. De esta forma, siguiendo el método de Giacobbe, los meses totalmente áridos desaparecen en Punta Carranza, Punta Tumbes, Isla Santa María y Punta Lavapié, decreciendo mucho en Zapallar, San Antonio y otras Estaciones costeras. Diferencias particularmente llamativas en cuanto a la disminución del período árido se verifican en La Serena y Zapallar; en estas localidades las precipitaciones son casi nulas en verano, pero hay constantes condensaciones de neblina, que permiten incluso la persistencia de bosques templados higrófilos en algunos territorios cercanos.

En relación al método de Giacobbe, es interesante acotar que, dada la ausencia casi absoluta de lluvias de verano en grandes regiones de Chile, el cálculo del índice de aridez estival no llevaría probablemente a resultados bioclimáticos importantes. Por lo demás, no está suficientemente comprobada la hipótesis sobre la influencia determinante de las lluvias estivales en el crecimiento vegetal, en particular de los árboles (Calistri 1962), teniendo tal vez mayor significado biológico en Chile las lluvias equinocciales. Si se quisiera insistir en la oportunidad de aplicar el índice de Giacobbe en sentido estacional, se deberían abarcar en Chile las tres estaciones críticas, obteniendo en tal forma índices primaverales, estivales y otoñales.

Considerando conjuntamente los dos cuadros de aridez trazados para Chile, pueden diferenciarse doce zonas extendidas de norte a sur y con distinta duración estacional de la aridez, desde 0 hasta 12 meses. Estas delimitaciones son bastante groseras y no pueden reflejar las numerosas áreas de transición. La duración del período árido en cada zona puede deducirse del examen de las Figs. 40 y 41.

I Zona: Desde el límite norte del país hasta la mayor parte de la provincia de Antofagasta, exceptuando la zona cordillerana y las mesetas de altura.

II Zona: Mesetas de altura y cordillera de las provincias de Tarapacá y Antofagasta.

III Zona: La mayor parte de la provincia de Atacama, subiendo litoralmente hacia el norte hasta la localidad de Paposó.

IV Zona: Provincia de Coquimbo con proyecciones meridionales en el interior hasta Los Andes.

V Zona: Desde los límites antes señalados hasta aproximadamente la altura de Rancagua.

VI Zona: Desde Rancagua hasta aproximadamente Linares-Chillán.

VII Zona: Desde los límites anteriores hasta la mayor parte de la provincia de Malleco, inclusive Victoria y Traiguén.

VIII Zona: Provincia de Cautín y algunos territorios interiores en la región de Río Bueno y Osorno.

IX Zona: Provincia de Valdivia a Chiloé inclusive.

X Zona: Franja occidental de Chile austral, que representa la única parte del país absolutamente exenta del fenómeno de aridez.

XI Zona: Franja intermedia de Chile austral (Punta Arenas y Puerto Bories) con condiciones semiáridas y aun subhúmedas.

XII Zona: Franja oriental de Chile austral, hasta Punta Dungeness, con clima francamente árido.

Por lo general, en estas zonas hay condiciones de menor aridez hacia la costa y hacia la cordillera. En la franja oriental de Chile austral, la escasez de Estaciones impide una diferenciación más precisa.

Las divisiones antes consignadas corresponden bastante a las del mapa de Lauer (1960). Sin embargo, insistimos en nuestro planteamiento de que el estado actual de los conocimientos no se presta todavía a la elaboración de mapas con isolíneas de aridez, pues esto induce a demasiadas interpolaciones subjetivas. Respecto al mapa de Lauer, la diferencia más notoria es nuestra subdivisión de los desiertos del Norte Grande, que nos parece bastante ajustada a la realidad biológica, ya que muchas formaciones vegetales de Atacama y una larga faja costera de Antofagasta no tienen sino características semidesérticas.

Los datos de Fuenzalida (1963), quien sigue las indicaciones de un trabajo más reciente de Lauer (1961), no concuerdan con los nuestros en el caso específico de las Estaciones costeras. Esto se debe a que el método de Lauer no permite tomar en consideración, directa o indirectamente, la humedad relativa, como sucede con los índices de Giacobbe y de Emberger. Destacamos el ejemplo de Punta Lavapié, Estación poco lluviosa pero con altos valores de humedad relativa a lo largo de todo el año, a la cual Fuenzalida asigna un grado de aridez que se compadece poco con la situación biológica real.

No discutiremos mayormente los métodos para delimitar los meses áridos sólo a base de las precipitaciones, como lo ha hecho Almeyda en Chile (Almeyda y Sáez 1958), calificando como seco a todo mes con precipitaciones inferiores a 30 mm. Respecto a estos métodos que utilizan simplemente la lluvia como elemento

discriminatorio de diferentes zonas de aridez (Odum & Odum 1959), mencionamos otras veces el hecho de que el grado de eficiencia de las precipitaciones sobre el crecimiento vegetal depende estrechamente de la temperatura y de la tasa de evaporación del lugar. Efectos muy distintos producirá, por ejemplo, la misma cantidad de lluvia en una zona templada y en otra tropical: en el primer caso se podrá reflejar por una vegetación mesófila o higrófila, en el segundo probablemente por una vegetación xerófila hasta semidesértica

Hemos dejado para el final la discusión del índice xerotérmico de Bagnouls y Gausen (1953), que ha sido utilizado para el trazado del mapa de la parte meridional de Sudamérica, en el marco de los estudios de bioclimatología mediterránea patrocinados por la UNESCO (UNESCO-FAO 1963). No hemos ensayado todavía este índice en nuestras Estaciones chilenas, ya que en la recopilación de nuestros datos faltaba frecuentemente información sobre días de lluvia, días de neblina y de rocío y, en algunos casos, aun sobre estado higrométrico del aire; la dificultad de encontrar estos antecedentes constituye justamente una seria limitación del método, por lo menos en lo que concierne a la situación actual de los países en desarrollo. Los autores de este índice señalan que los días de neblina y de rocío podrían incluso omitirse en el cálculo final, pero nos parece que estos elementos tienen demasiada importancia biológica en Chile como para dejarlos de lado. Estamos interesados en tratar de encontrar estos datos, por lo menos para algunas Estaciones chilenas, con el fin de aplicar en el país este promisorio método bioclimático.

El análisis del mapa que aparece adjunto a la obra de la UNESCO-FAO (1953) y que se debe principalmente a Bagnouls y Gausen permite apreciar una excelente representación cartográfica, sobre la base de la técnica de superposición de colores preconizada por Gausen (1955a).

Existen sin duda en este mapa numerosas discordancias respecto a la situación biológica de Chile, hecho que debe atribuirse al escaso número de Estaciones de cuyos datos dispusieron Bagnouls y Gausen y a la necesidad de trazar isolíneas para delimitar las distintas zonas. Sin embargo, nos parece más importante reconocer aquí que en el mapa están verdaderamente contenidas las grandes líneas bioclimáticas del país y su evolución de norte a sur. Con un mayor conocimiento del ambiente chileno y contando con más Estaciones meteorológicas, el índice xerotérmico podría aportar resultados bioclimáticos muy interesantes. Sin embargo, este índice no puede suplir la escasa sensibilidad del diagrama ombrotérmico para detectar la aridez, puesto que sus resultados se aplican solamente a los meses previamente reconocidos como secos a

través del diagrama; sería tal vez útil aplicar índices xerotérmicos también a los meses subáridos, puestos en evidencia de acuerdo a la relación de Walter. Probablemente, se subsanarían en esta forma algunas deficiencias que se observan en el mapa, por ejemplo, respecto a las zonas de Zapallar, Angol, Osorno, y a parte de la Isla de Chiloé.

Terminamos este capítulo con algunas conclusiones de síntesis, derivadas de nuestras observaciones en Chile en cuanto a la medida de aridez.

Los índices de aridez que utilizan datos anuales o que entregan un único resultado global no aportan en general antecedentes muy valiosos desde un punto de vista biológico; estos datos no son tampoco de fácil aplicación en las actividades agropecuarias o en la explotación de los recursos naturales. Aun cuando los índices ensayados por nosotros han mostrado cierta coincidencia para señalar la zona entre Santiago y Rancagua como la transición entre provincias semiáridas y subhúmedas, no nos parece que pueda evidenciarse en este territorio un límite vegetacional claro.

El más simple de los índices anuales, el pluviómetro de Lang, no es sin embargo el menos efectivo, entregando datos totalmente comparables a los otros. De acuerdo a las investigaciones de Marcuzzi (1951) sobre los Coleópteros Tenebriónidos, el índice de Lang delimitaría zonas bioclimáticas que concuerdan plenamente con la distribución de estos Insectos, considerados buenos indicadores ecológicos.

A pesar de la gran cantidad de cálculos y de tabulaciones que su obtención obliga a realizar, el índice de Thornthwaite de efectividad de las precipitaciones no aporta ningún concepto claro para la demarcación de las regiones áridas de Chile, Esto se debe tal vez a que ha sido formulado para zonas de Estados Unidos manifiestamente distintas a cualquier provincia chilena.

El coeficiente pluviotérmico anual de Emberger es probablemente el mejor, sobre todo por el hecho de considerar los extremos térmicos. Otra ventaja es su especificidad para las zonas de clima mediterráneo.

En cuanto a los índices mensuales, el antiguo método de de Martonne resulta bastante efectivo, concordando nuestras afirmaciones con las de Lauer (1960). Sin embargo, en la zona costera, el índice de aridez de de Martonne tiene la desventaja de no poder captar las influencias del elevado estado higrométrico del aire. Parecería más acertado, entonces, el empleo del índice de Giacobbe inspirado en gran parte en las

bases conceptuales de Emberger, o bien la transformación del índice anual de Emberger en una medida de tipo mensual.

En la mayor parte de Chile, el problema de la aridez está íntimamente entrelazado con el de la tendencia mediterránea del clima. Una crítica a la excelente revisión de Lauer podría ser la de no haber considerado en medida suficiente los principios formulados por autores que se formaron biológicamente en la zona mediterránea, como son Emberger, Giacobbe y Gaussen cuyas experiencias no podrían dejarse de lado en un país como Chile, caracterizado por la extensión de los territorios de clima mediterráneo.

Concluyendo, los elementos climáticos más característicos del ambiente chileno en cuanto a la aridez son los siguientes: la importancia de las neblinas de origen marino y del rocío, la gran constancia térmica anual pero las grandes fluctuaciones diarias de la temperatura, la variabilidad de las precipitaciones a través de los años que parece mucho más acentuada que en las zonas mediterráneas europeas (Miller 1957). Destacamos particularmente el papel de la humedad proveniente del mar en el mantenimiento de algunas formaciones forestales de la costa chilena (Kummerow y Matte 1963). La intensidad de las neblinas y la constancia térmica están en relación con la presencia de la corriente de Humboldt a lo largo de la mayor parte de la costa chilena. La trascendencia de las influencias marítimas se observa claramente desde un punto de vista biológico, cuando un relieve interrumpe su penetración hacia el interior (efecto "pantalla"); la vegetación asume entonces características mucho más xerófilas.

De acuerdo a los puntos anteriores, un índice de aridez, para tener una plena correspondencia con las condiciones climáticas chilenas, debería en lo posible considerar los siguientes aspectos:

1. Además de incluir la duración y la intensidad de la aridez, tendría que tomar en consideración su variabilidad; en este sentido puede calcularse el coeficiente de variación de las precipitaciones para las estaciones, que tengan registros suficientemente largos (20-25 años o más) e interpolarlo después para otras Estaciones, o utilizar diagramas logarítmicos de probabilidades (Galmarini 1961). Estos métodos han sido ya aplicados en Sudamérica, pero en forma independiente de los índices de aridez.

2. Deberá emplear los datos de los extremos térmicos, ya que las medias no reflejan los valores relativamente distanciados que se registran en los dos extremos diarios.

3. Sería útil que considerara antecedentes sobre humedad relativa o déficit de saturación, sobre condensación de neblina y sobre rocío, cuyo papel ecológico en ambientes subdesérticos ha sido puesto de manifiesto por los investigadores israelíes también para fines prácticos.

V. EL CONCEPTO DE ACTIVIDAD VEGETATIVA

El problema de la determinación de la actividad vegetativa, es decir, de la duración del período en que las condiciones térmicas permiten a las plantas un crecimiento satisfactorio, ha tenido de parte de los climatólogos una menor atención que el de la aridez. Esto a pesar de que el frío juega en algunas zonas un papel aún más trascendente que la aridez como factor limitante del crecimiento; además, se trata de una limitación que no puede eliminarse artificialmente a gran escala, como sucede en el caso de la aridez a través del riego.

A nuestro entender, este período cálido de actividad biológica debería definirse más bien como de "potencialidad vegetativa", por cuanto la posibilidad de desarrollo de las plantas en situaciones térmicas adecuadas está condicionada al hecho de que existan al mismo tiempo disponibilidades hídricas suficientes para la materialización de esta potencialidad.

Se suele afirmar, aun cuando nos parece que esta aseveración sea demasiado categórica, que el período activo para la vegetación corresponde al número de meses en que la temperatura media es superior a 10 °C. También Mathon & Stroun (1962) destacan la importancia biológica de la isoterma de + 10 °C.

En efecto, el problema resulta más complejo, como señalan algunas de las consideraciones que se hacen a continuación:

a) Otras veces se han adoptado para el crecimiento de las plantas las temperaturas límites de 5,5 °C, de 6 °C (Miller 1957) o la isoterma de 6 °C para el mes más frío.

b) Sería probablemente más aconsejable reemplazar los datos de temperatura media por los extremos térmicos, en especial las mínimas, cuya influencia sobre las plantas es más fácilmente demostrable.

c) También las sumas de las temperaturas positivas (Azzi 1959) parecerían más adecuadas que las simples medias.

d) Es imposible generalizar un óptimo térmico para todas las especies vegetales, pues éste depende del tipo biológico de la planta y sobre todo de su origen biogeográfico. Incluso el óptimo varía durante el desarrollo de una planta (Mathon & Stroun 1962); así Azzi (1959) diferencia subperíodos térmicos para las distintas fases del período vegetativo, en que las exigencias van variando.

e) Los efectos de la temperatura se modifican también en relación a la humedad y sobre todo al viento. Braun-Blanquet (1950) destaca la importancia biológica del desecamiento invernal por el viento, en una época en la cual el reemplazo de la pérdida de agua es imposible.

En nuestro trabajo, el problema de la potencialidad vegetativa no ha sido tratado con la profundidad que habría merecido, dada su importancia en algunas regiones ecológicas del país (zonas cordilleranas y australes). Las subdivisiones térmicas que nosotros hemos adoptado son más bien empíricas y su fundamento teórico está por demostrarse. Sin duda, en los próximos trabajos deberían tomarse en consideración otros elementos climáticos como el viento y la humedad relativa, y además ensayar algunos de los principios empleados con éxito en ecología agraria (Azzi 1944 y 1959) sobre el cálculo de equivalentes térmicos y sobre el uso de climoscopios o de otras expresiones gráficas, que consignan al mismo tiempo las sumas térmicas disponibles y las necesidades calóricas medias de una especie vegetal o de una formación. La introducción de una expresión gráfica del frío en los diagramas climáticos clásicos, por ejemplo en el de Walter, en el ábaco hidrotérmico o en los hiterógrafos, es de indudable utilidad pero no puede expresar totalmente el papel del frío como factor limitante.

Analizaremos a continuación los resultados obtenidos para las Estaciones chilenas sobre eficiencia de temperatura y concentración térmica en verano, de acuerdo a la fórmula de Thornthwaite, como también sobre la duración de la estación cálida según Euverte (1959). Los cuadros 4 y 5 consignan las fórmulas empleadas y los valores derivados de su aplicación.

Los resultados sobre la fertilidad térmica" serán discutidos más adelante, pues pueden representar al mismo tiempo una medida de continentalismo (Euverte 1959). Lamentablemente, no se ha podido incluir en este trabajo el cálculo del índice térmico o

de continentalismo térmico según Giacobbe (1958), que habría sido de bastante utilidad, dado que fue formulado para áreas de condiciones climáticas semejantes a las de Chile.

La duración del período cálido en Chile va decreciendo con mucha regularidad de norte a sur; obviamente disminuye también hacia las zonas andinas. En algunos territorios de Chile austral, la estación cálida es más larga en la franja oriental (Chile Chico), incluso en relación a zonas situadas más al norte.

El período cálido (o de actividad vegetativa) ha sido ya analizado en un trabajo previo (di Castri & Hajek 1961b) y sólo nos limitaremos a acotar los hechos más relevantes. La estación cálida abarca todo el año en un vasto territorio que va desde el Norte Grande, hasta casi la latitud de Santiago, a excepción de la zona andina y de algunas áreas restringidas con ciertas influencias continentales (Los Andes, Colina, etc.); corresponde, por lo tanto, a las regiones chilenas de clima árido y subárido. De aquí los excelentes resultados de la irrigación en terrenos sometidos a condiciones térmicas tan favorables, siempre que puedan emplearse aguas no excesivamente salobres.

Desde los límites meridionales de esta zona (Santiago) hasta el sur de la provincia de Malleco, la duración del período cálido fluctúa por lo general de 9 a 11 meses, con puntas aun mayores (12 meses) en la zona costera y disminución paulatina en la precordillera y cordillera de Los Andes.

Desde el sur de Malleco hasta la mayor parte de Chiloé, el período de actividad vegetativa conserva valores bastante satisfactorios (7-9 meses), salvo algunos territorios de Chiloé continental y de la cadena andina.

Es sólo en las provincias australes de Aysén y Magallanes que el factor frío constituye una fuerte limitación, reduciéndose la estación cálida a 4-5 e incluso sólo 2-3 meses de duración. Al sur de Punta Arenas, la ausencia casi absoluta de período cálido condiciona la existencia de zonas de tundra.

Resultados que confirman en gran parte lo anteriormente expuesto, pero que en conjunto proporcionan inferiores posibilidades de diferenciación, son los que se han obtenido con el índice de Thornthwaite de la eficiencia de la temperatura, complementado por la concentración térmica en verano. Se demuestra otra vez que el

CUADRO N° 4

FORMULAS EMPLEADAS EN EL CALCULO DE INDICES TERMICOS

Formulae used for calculating thermic indices

- a) *Período de actividad vegetativa* (N)

$$N = 12 \frac{M - 10}{M - m}$$

M = Temperatura media del mes más caluroso en °C

m = Temperatura media del mes más frío en °C

- b) Índice de Thornthwaite (T/E = Eficiencia de la temperatura)

$$T/E = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T \times 9}{20} \right)$$

T = Temperatura media mensual en °C

CUADRO Nº 5

INDICES TERMICOS ANUALES CORRESPONDIENTES A LAS ESTACIONES
METEOROLOGICAS ANALIZADAS

Annual thermic indices for Chilean meteorological stations

Nº	ESTACION	Periodo de actividad vegetativa (en meses)	Indice de Thornthwaite T/E	Concentración térmica en ve- rano (%)
1	ARICA	12	101.20	28.91
2	IQUIQUE	12	96.76	28.68
3	LOS CONDORES	12	83.91	31.38
4	CANCHONES	12	90.33	30.49
5	COLONIA PINTADOS	12	89.85	29.26
6	COLLAHUASI	0	- 4.04	86.63
7	OLLAHÜE	0.2	36.06	36.93
8	CHUQUICAMATA	8.6	61.23	30.59
9	CALAMA	9.4	81.53	27.00
10	SAN PEDRO DE ATACAMA	9.8	76.22	32.42
11	CERRO MORENO	12	91.57	29.64
12	CACHINAL	7.6	58.22	34.88
13	REFRESCO	12	77.74	29.35
14	TALTAL	12	94.16	30.16
15	CHANARAL	12	88.48	30.27
16	POTRERILLOS	7.3	60.87	30.31
17	CALDERA	12	86.97	29.92
18	ISLA DE PASCUA	12	109.66	29.92
19	COPIAPO	12	88.04	30.52
20	VALLENAR	12	86.42	30.32
21	LA SERENA	12	80.13	30.23
22	PUNTA TORTUGA	12	79.49	29.50
23	VICUÑA	12	83.91	31.49
24	OVALLE	12	82.50	31.49
25	ZAPALLAR	12	76.52	30.53
26	BAÑOS DE JAHUEL	11.9	84.26	34.03
27	QUINTERO	12	75.01	30.37
28	LLAY LLAY	10.7	77.17	32.90
29	LOS ANDES	11	83.28	34.70
30	JUNCAL	5.8	50.02	38.50
31	QUILLOTA	12	77.50	31.50
32	PUNTA ANGELES	12	79.83	30.00
33	EL BELLOTO	12	83.74	30.15
34	QUILPUE	11.9	77.98	32.44
35	PEÑABLANCA	11.6	80.39	32.31
36	COLINA	11	87.15	35.12
37	MAITEN REDONDO	9	64.69	38.14
38	SANTIAGO	10	75.22	34.91
39	LOS CERRILLOS	9.2	73.20	36.71
40	SAN ANTONIO	12	70.50	29.94
41	LO ESPEJO	10	73.08	35.43
42	EL BOSQUE	10.8	85.54	35.09
43	ISLA JUAN FERNANDEZ	12	82.92	29.47
44	SAN JOSE DE MAIPO	9.5	69.92	35.28
45	SEWELL	5.5	51.15	38.28
46	RANCAGUA	10.3	79.47	35.46
47	RENGO	10	76.17	36.46
48	SAN FERNANDO	9.6	72.62	35.95
49	CURICO	10	77.33	35.91
50	MOLINA	9.1	72.81	37.54
51	CONSTITUCION	12	76.19	31.37

(Continuación cuadro N° 5)

N°	ESTACION	Período de actividad vegetativa (en meses)	Índice de Thornthwaite T/E	Concentración térmica en ve- rano (%)
52	TALCA	10.7	79.87	35.78
53	PUNTA CARRANZA	12	68.74	29.40
54	PANIMAVIDA	9.7	72.25	36.19
55	LINARES	10	75.14	36.12
56	CAUQUENES	11	80.72	35.36
57	CHILLAN	10	75.57	35.68
58	PUNTA TUMBES	11.4	66.40	30.38
59	TALCAHUANO	10.7	67.70	31.92
60	CONCEPCION	9.7	67.02	33.11
61	ISLA SANTA MARIA	11.5	66.12	29.55
62	PUNTA LAVAPIE	12	71.67	30.46
63	LOS ANGELES	10.2	73.82	35.72
64	LEBU	11.9	70.37	31.92
65	ANGOL	9.7	69.69	35.20
66	CONTULMO	10.4	68.31	32.56
67	VICTORIA	8.8	65.90	36.34
68	TRAIGUEN	8.9	63.92	35.64
69	ISLA MOCHA W	12	68.07	29.90
70	ISLA MOCHA E	11.6	68.38	30.94
71	CULLINCO	7.3	58.45	35.28
72	LONQUIMAY	4.7	46.20	41.71
73	TEMÚCO	9	64.75	33.99
74	PUERTO DOMINGUEZ	9.1	61.31	32.15
75	LONCOCHE	10.2	76.89	36.00
76	VALDIVIA	9	64.25	34.12
77	PUNTA GALERA	9.5	61.23	29.77
78	RIO BUENO	8.2	61.08	34.71
79	OSORNO	9.1	67.25	34.53
80	FRUTILLAR	7	55.65	34.45
81	PUERTO MONTT	8.3	60.55	33.15
82	MAULLIN	6.1	52.49	33.53
83	PUNTA CORONA	8	57.55	30.98
84	PUDETO	7.9	59.47	33.14
85	MORRO LOBOS	5.9	50.55	34.03
86	CASTRO	8	61.59	34.73
87	QUELLON	7.1	57.07	33.45
88	FUTALEUFU	6.2	54.37	41.00
89	ISLA GUAFO	5.9	51.28	31.69
90	MELINKA	6.6	52.98	32.71
91	RIO CISNES	3.1	40.80	44.49
92	PUERTO AYSÉN	5.2	48.59	36.78
93	COYHAIQUE	4.8	48.41	39.35
94	BALMACEDA	2.8	39.37	43.56
95	CHILE CHICO	7.2	62.77	36.58
96	CABO RAPER	3.2	46.52	31.45
97	SAN PEDRO	2.5	43.98	33.36
98	PUERTO EDÉN	2.3	39.32	38.25
99	CERRO GUIDO	3.2	41.17	42.87
100	PUERTO BORIES	2.3	36.70	42.32
101	EVANGELISTAS	0	34.44	32.29
102	PUNTA DUNCENESS	2	38.34	38.76
103	PUNTA ARENAS	2.2	36.27	40.34
104	SAN ISIDRO	0	32.13	37.29
105	RIO DOUGLAS	0	29.44	40.42
106	NAVARINO	0	31.92	40.48
107	BASE ANTARTICA G. G. V.	0	- 16.87	100.00

cálculo extremadamente elaborado de estos índices de Thornthwaite no está compensado por una real efectividad de los resultados.

De acuerdo a los principios de Thornthwaite, en Chile existirían casi exclusivamente dos grandes provincias térmicas. La provincia mesotérmica alcanza hasta la localidad de Osorno, aun cuando muchas áreas de la provincias de Malleco, Cautín y Valdivia deben considerarse como transiciones entre el tipo mesotérmico y el microtérmico La provincia microtérmica por otra parte, abarcaría desde la zona de transición antes señalada hasta el extremo sur del país. Hace excepción la isla de Navarino y probablemente también otras islas del extremo sur de Chile, las que, junto con una parte de la cordillera, pertenecerían a una provincia térmica de taiga. El tipo de hielo (frost) puede señalarse para la Base Antártica Gabriel González Videla y la alta cordillera.

En cuanto a la eficiencia térmica, se da la cifra de 32 como límite para definir si el clima está dominado principalmente por la temperatura o por las precipitaciones. Mantenemos serias reservas sobre el valor de demarcación de esta cifra. De todas maneras, la mayor parte del territorio chileno, salvo la isla Navarino, arroja valores superiores a 32, con lo que se destaca una vez más el papel relativamente modesto del frío como contralor biológico en Chile. Las tundras de la franja occidental de Chile austral están controladas sobre todo por la acción del viento y de la falta de drenaje, pues las temperaturas no son excesivamente bajas.

Tampoco el concepto de concentración térmica en verano de Thornthwaite resulta de mucha utilidad para la subdivisión del territorio del país. La casi totalidad de las Estaciones meteorológicas consideradas pertenece a las sub-provincias a y b, sin que sea posible delimitarlas geográficamente, ya que los resultados señalan alternativamente Estaciones de tipo a y de tipo b, por lo general debido a la mayor o menor cercanía al mar o a la cordillera. Casi todas las cifras de concentración térmica en verano se sitúan alrededor de los valores críticos de 34 y 35, impidiendo adelantar alguna generalización. Subprovincias de tipo d y e se observarían solamente en zonas de alta cordillera o en la Antártica.

Las amplitudes de los dos períodos bioclimáticos de mayor importancia (aridez y frío) deberían correlacionarse para destacar su efecto conjunto sobre los organismos vivientes y también con fines prácticos agropecuarios. Hemos estimado útil, por lo tanto, elaborar dos figuras análogas a las ya explicadas en el capítulo sobre aridez (Figs. 40 y 41), pero destinadas en este caso a la expresión del frío como factor

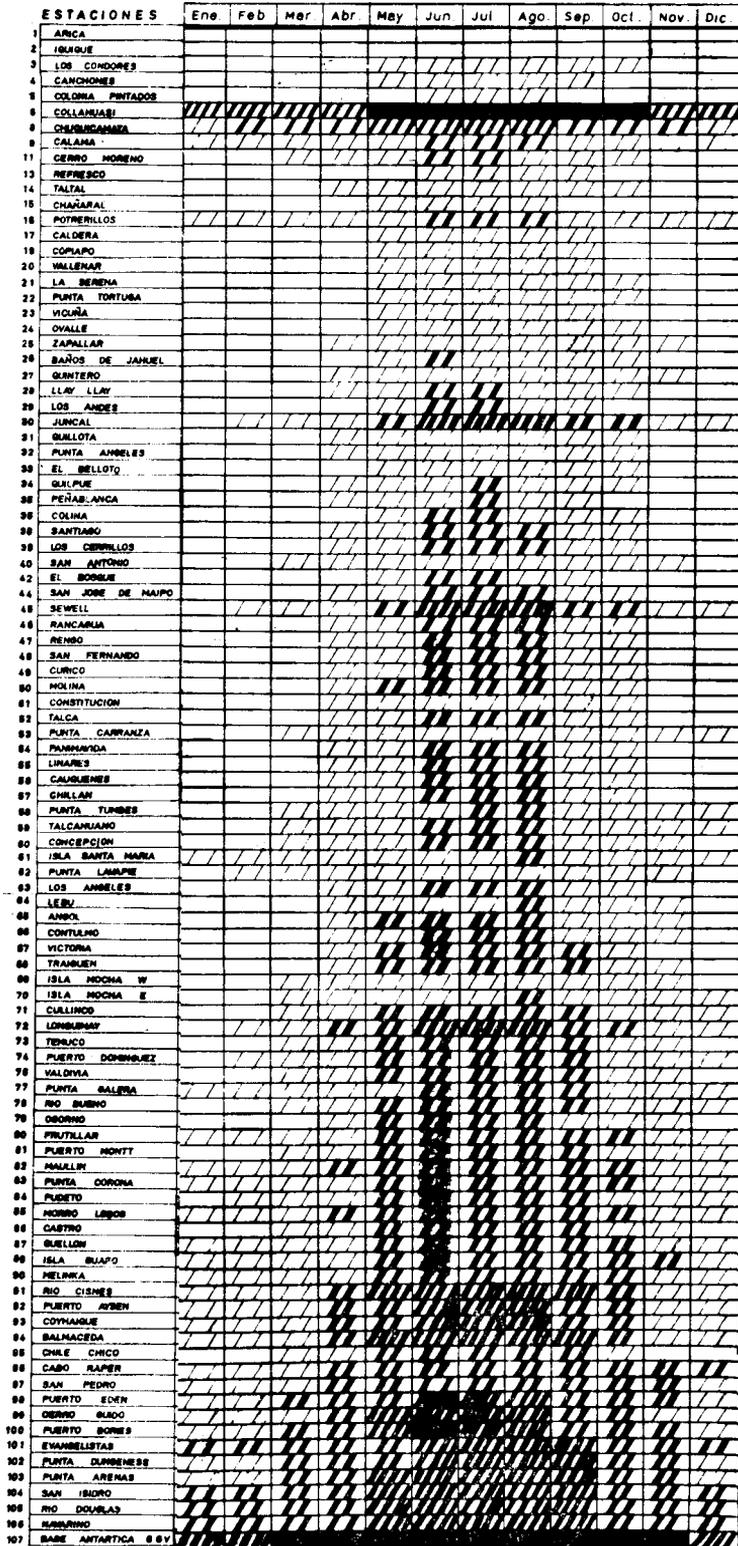
FIG. 42. CUADRO SINOPTICO DE LA POTENCIALIDAD VEGETATIVA EN CHILE, EN TRES CATEGORIAS. SYNOPSIS TABLE OF THE VEGETATIVE POTENTIALITY IN CHILE, IN THREE CATEGORIES.

ESTACION	ENE	FEB	NAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1 ANRICA													36°34'	73°22'	78
2 INDIEN													36°19'	73°11'	813
3 LOS CONDOROS													35°18'	72°57'	816
40 CANCHONES													33°59'	69°18'	104
5 COLONIA PINTADOS													30°59'	63°53'	977
6 COLAHUASI													21°00'	68°43'	4.200
7 PILLARUE													21°19'	68°16'	3.700
8 VICHUBUCANAYA													23°09'	68°33'	3.710
9 CALAHUA													23°06'	68°13'	3.430
10 S. EL NEGRO ALCANHA													23°20'	70°28'	170
11 S. EL NEGRO TONGOS													23°08'	68°34'	3.700
12 CACHIMAL													25°19'	68°52'	1.800
13 NEPESCO													23°18'	70°15'	93
14 TALLA													28°20'	70°37'	0
15 CALABAL													28°30'	68°27'	2.100
16 POTRERILLOS													27°03'	70°46'	20
17 CALDEWA													28°39'	70°28'	270
18 ISLA DE PASCUA													27°21'	70°34'	470
19 COPIA													28°12'	70°50'	100
20 CALLEWA													28°24'	71°18'	50
21 LA SERENA													28°08'	71°22'	20
22 PUNTA YONYUSA													28°28'	71°24'	240
23 VICUÑA													28°36'	71°24'	240
24 VALPARAISO													33°30'	71°30'	90
25 SAN ANTONIO													33°33'	71°30'	90
26 BANDER JAHUAL													33°41'	71°30'	1.100
27 QUINTERO													33°50'	71°30'	200
28 LILLY VALLEY													33°50'	70°57'	0
29 LOS ANDES													33°52'	70°10'	3.700
30 JUNCAL													33°55'	71°16'	1.200
31 SINALOYA													33°55'	71°16'	1.200
32 PUNTA ARENAS													33°55'	71°16'	1.200
33 SANTIAGO													33°42'	71°21'	100
34 SULLAM													33°04'	71°30'	104
35 PENALANCA													33°16'	70°23'	2.400
36 COLINA													33°16'	70°23'	2.400
37 S.MATEO NEGANDO													33°27'	70°42'	200
38 SANTIAGO													33°30'	70°41'	200
39 LOS CERRILLOS													33°30'	70°41'	200
40 SAN ANTONIO													33°30'	70°41'	200
41 S. EL NEGRO													33°32'	70°41'	200
42 S. EL NEGRO													33°32'	70°41'	200
43 ISLA J. FERNANDEZ													33°37'	70°02'	0
44 SAN JOSE DE MAIPO													33°36'	70°22'	1.000
45 S. WELL													34°26'	70°25'	2.100
46 NANCARUA													34°24'	70°25'	150
47 S. BERNARD													34°28'	71°00'	340
48 SAN BERNANDO													34°30'	71°13'	220
49 CURICO													34°40'	71°18'	230
50 MOLINA													34°40'	71°18'	230
51 CONSTITUCION													35°20'	71°40'	97
52 TALCA													35°28'	71°30'	50
53 PUNTA CARRANZA													35°28'	71°30'	100
54 PANIMAYUA													35°28'	71°30'	100
55 LINARES													35°28'	71°30'	100
56 CONSUMES													35°28'	71°30'	100
57 PUNTA YUMKEN													35°28'	71°30'	100
58 TALCAHANO													35°28'	71°30'	100
59 CONCEPCION													35°28'	71°30'	100
60 SAN BARTOLOME													35°28'	71°30'	100
61 PUNTA LAVADERO													35°28'	71°30'	100
62 LOS ANDELES													35°28'	71°30'	100
63 BARRIL													35°28'	71°30'	100
64 S. BARTOLOME													35°28'	71°30'	100
65 S. BARTOLOME													35°28'	71°30'	100
66 S. BARTOLOME													35°28'	71°30'	100
67 VICTORIA													36°12'	72°21'	200
68 YNATOWN													36°12'	72°21'	200
69 ISLA MORENA W													36°21'	72°28'	190
70 S. COLLINCO													36°24'	72°24'	50
71 LONGUINAY													36°24'	71°18'	000
72 TEMUCO													36°31'	72°24'	110
73 PUNTA BORNHOLM													36°33'	71°53'	710
74 LONGOCHUE													36°33'	71°53'	710
75 VALDIVIA													36°54'	72°14'	40
76 PUNTA CALERA													36°56'	72°14'	40
77 S. BORNH													36°56'	72°14'	40
78 S. BORNH													36°56'	72°14'	40
79 S. BORNH													36°56'	72°14'	40
80 PUYILLAN													41°09'	73°00'	130
81 PUERTO MONTE													41°09'	73°00'	130
82 MAULLIN													41°23'	72°58'	100
83 PUNTA YUNYUA													41°23'	72°58'	100
84 BUSETO													41°23'	72°58'	100
85 NORO LOBBE													41°23'	72°58'	100
86 CAYEN													41°23'	72°58'	100
87 SULLAN													41°23'	72°58'	100
88 S. ALBUQU													41°23'	72°58'	100
89 ISLA SUAZO													41°23'	72°58'	100
90 MELINNA													41°23'	72°58'	100
91 RIO CHINOS													41°23'	72°58'	100
92 PUERTO AYSEN													41°23'	72°58'	100
93 COYNAQUE ALTO													41°23'	72°58'	100
94 S. BORNH													41°23'	72°58'	100
95 CHILE CHICO													41°23'	72°58'	100
96 CASO HAZEN													41°23'	72°58'	100
97 SAN PEDRO													41°23'	72°58'	100
98 PUERTO EDEN													41°23'	72°58'	100
99 CERRNO BUJIO													41°23'	72°58'	100
100 PUERTO BORNH													41°23'	72°58'	100
101 TERNALIVIAS													41°23'	72°58'	100
102 PUNTA DUNENES													41°23'	72°58'	100
103 PUNTA ARENAS													41°23'	72°58'	100
104 SAN PEDRO													41°23'	72°58'	100
105 S. BORNH													41°23'	72°58'	100
106 NAVARINO													41°23'	72°58'	100
107 S. ANTARCTICA													41°23'	72°58'	100

MES CON POTENCIALIDAD VEGETATIVA O CALIDO (TEMPERATURA MEDIA >10°C)
 MES CON ESCASA POTENCIALIDAD VEGETATIVA O SEMIFRIO (TEMP. MEDIA >3°C<10°C)
 MES SIN POTENCIALIDAD VEGETATIVA O FRIO (TEMPERATURA MEDIA <5°C)

● ESTACION ACCESORIA (Meses de 7 años de observaciones)

FIG. 43. CUADRO SINOPTICO DE LA POTENCIALIDAD VEGETATIVA EN CHILE, EN CINCO CATEGORIAS.
 SYNOPSIS TABLE OF THE VEGETATIVE POTENTIALITY IN CHILE, IN FIVE CATEGORIES.



18 ISLA DE PASCUA
 49 ISLA JUAN FERNANDEZ

■ Muy frio ▨ Frio ▧ Templado frio ▩ Templado cálido □ Cálido

limitante en Chile. También aquí se consigna al mismo tiempo la extensión espacial y temporal de este fenómeno. Destacamos también que la "limitación" se ejerce en especial sobre las plantas, dado que el efecto del frío sobre los animales es extremadamente variable según los grupos zoológicos.

Para el cotejo con el diagrama de aridez trazado de acuerdo a la fórmula de de Martonne (Fig. 40), hemos adoptado una escala en tres categorías térmicas; se considera como mes con potencialidad vegetativa o cálido, aquel cuya temperatura media sobrepasa los 10 °C; como mes semifrío o con escasa potencialidad vegetativa, el de temperatura media comprendida entre 5 y 10 °C; como mes sin potencialidad vegetativa o frío, aquel con temperatura media inferior a 5 °C. El diagrama así elaborado (Fig. 42) ha sido ya discutido en un trabajo anterior (di Castri et al. 1962).

Para la confrontación con el diagrama de aridez realizado sobre la base de los principios de Giacobbe (Fig. 41), hemos debido utilizar una escala de temperatura en 5 categorías. Para esto, en forma totalmente convencional, hemos aceptado como mes muy frío el con temperatura media inferior a 0 °C y desprovisto de cualquier manifestación de desarrollo vegetal; los meses de temperatura media comprendida entre 0 y 5 °C fueron denominados fríos, siendo posible un desarrollo parcial en el caso de algunos vegetales inferiores; la expresión de mes templado-frío fue reservada para los meses con temperaturas medias comprendidas entre 5 y 10 °C, existiendo posibilidades de crecimiento vegetal sobre todo si los efectos del frío son atenuados por la humedad relativa o las abundantes precipitaciones; meses templado-cálidos han sido definidos aquellos con temperatura media comprendida entre 10 y 15 °C, condiciones por las cuales la potencialidad de desarrollo vegetal es muy favorable, aun cuando existe la posibilidad de que se produzcan heladas nocturnas; finalmente, en el mes cálido, la temperatura media es superior a 15 °C y la situación térmica es óptima (Fig. 43). Estas subdivisiones se han inspirado parcialmente en las utilizadas para delimitar áreas bioclimáticas en los mapas de la zona mediterránea (UNESCO-FAO 1963); sin embargo, son en verdad simples hipótesis de trabajo que deben comprobarse en el terreno y muy probablemente rectificarse en los trabajos futuros.

Del análisis de las Figs. 42 y 43 resulta evidente, una vez más, que el frío no tiene en Chile la trascendencia como limitador ecológico que posee la aridez. Desde el extremo norte del país hasta casi el paralelo 43 no se verifican sino raramente meses con condiciones térmicas adversas, con excepción de las zonas de mayor altitud. Además, muy pocas localidades chilenas poseen medias mensuales inferiores a 0 °C.

Debido a la influencia atenuadora y homogeneizadora de la corriente fría que corre a lo largo de la costa chilena, hay muy pocas diferencias térmicas entre las distintas regiones; por ejemplo, desde la latitud de Santiago hasta la de Los Angeles e incluso algo más al sur, se extiende una zona muy homogénea desde el punto de vista térmico, en tanto que el fenómeno de la aridez muestra aquí una gran gama de variaciones.

En la región ganadera del sur de Chile (desde Temuco hasta Chiloé), cuya economía depende en gran parte del ritmo de crecimiento de las praderas, las condiciones de temperatura invernal retrasan mucho el crecimiento pero no llegan a suspenderlo totalmente. Más al sur, en las zonas ovejeras de la franja oriental de las provincias de Aysén y Magallanes, el período vegetativo se limita al verano y a una parte de primavera y otoño, mientras en invierno las temperaturas que oscilan como medias entre 0 y 5 °C impiden casi completa mente el desarrollo de las hierbas.

Cabe destacar, como consideración final, que este análisis ha tenido el defecto principal de considerar más las medias que las amplitudes térmicas diarias o anuales. Esto es evidente sobre todo en los desiertos, de fuertes oscilaciones térmicas entre el día y la noche, en que los promedios tienen proyecciones biológicas muy limitadas.

En síntesis, la gran homogeneidad térmica del territorio chileno, debido a la acción mitigadora del mar y a pesar de la extremada longitud del país, otorga al problema del frío como factor limitante una mayor sencillez de interpretación. Sin embargo, el estado fragmentario de nuestras investigaciones nos impide entregar datos verdaderamente concluyentes.

VI. EL CONCEPTO DE PERÍODO DESFAVORABLE

El período desfavorable constituye en cierto modo una síntesis de los dos períodos bioclimáticos anteriormente discutidos, la aridez y el frío, ya que en su base teórica consiste en considerar la interacción de éstos para determinar la duración y la intensidad de las actividades biológicas. Mientras la potencialidad vegetativa actúa en forma positiva, esto es, por presencia de calor suficiente, la aridez interviene en forma negativa por ausencia de la humedad necesaria. Las condiciones óptimas para que las plantas se desarrollen sin interrupción son teóricamente 12 meses de potencialidad vegetativa y 0 de aridez; las pésimas 0 meses de potencialidad vegetativa y 12 de aridez. Dentro de estos extremos, se presenta la gama más amplia de posibilidades intermedias.

Obviamente el riego puede solucionar el déficit de precipitaciones dando a las plantas cultivadas la posibilidad de manifestar su potencialidad incluso durante meses áridos. Más difícil es atenuar en forma artificial el déficit de calor, por lo menos en grandes extensiones.

Cabe destacar que todas estas consideraciones se refieren sólo a la desfavorabilidad climática, sin poder tomar en cuenta las condiciones edáficas (suelos esqueléticos, pendientes acentuadas, soliflucción, etc.) que también pueden incidir fuertemente en aumentar o en algunos casos disminuir la desfavorabilidad.

En Chile, se ve claramente la necesidad de considerar en conjunto estos factores limitantes, pues su evolución geográfica muestra un sentido opuesto. Mientras la aridez decrece paulatinamente de norte a sur, los efectos del frío tienden a disminuir en dirección inversa, de sur a norte.

Al enfocar aisladamente estos dos factores, la visión general de las aptitudes agropecuarias de una zona determinada puede resultar muy incorrecta; por ejemplo, la región más favorable del país como potencialidad vegetativa es al mismo tiempo la más atacada por la aridez. Al revés, la favorabilidad hídrica de la mayor parte del sur de Chile está opacada por la influencia del frío.

Partiendo de estas premisas conceptuales, se ha estimado útil consignar en un único diagrama el grado absoluto de intensidad de estos limitadores climáticos, sin tener en cuenta su naturaleza.

Con este fin, se han empleado los dos pares de representaciones gráficas, ya discutidas. El primer par (Figs. 40 y 42), en que se adoptaban tres categorías distintas de aridez y de frío; el segundo par (Figs. 41 y 43), en que había cinco criterios de subdivisión de los mismos elementos. Como se recordará, en cada uno de estos gráficos se dejó totalmente en blanco el mes sin limitaciones climáticas, aumentando progresivamente con un sistema de líneas transversales los espacios ennegrecidos a medida que se incrementara la intensidad del factor limitante, hasta llegar a un espacio totalmente negro que caracterizara la limitación absoluta.

Contando con los pares de figuras ya mencionadas, trazadas sobre papel transparente, es posible detectar al mismo tiempo, mediante una simple técnica de

superposición de diagramas, la intensidad de los dos limitantes climáticos y su extensión temporal y espacial.

Los gráficos obtenidos de esta forma se presentan en las Figs. 44 y 45. La primera, con tres categorías de clasificación, se ha originado por la superposición de las Figs. 40 y 42. La segunda, con cinco criterios de subdivisión, deriva de la superposición de las Figs. 41 y 43.

Para el trazado de la Fig. 44 se consideró convencionalmente que la superposición de un mes semiárido con otro semifrío (o de escasa potencialidad vegetativa) daba origen a un mes desfavorable, de la misma manera que si hubiese sido árido o frío o las dos cosas al mismo tiempo.

En el caso de la Fig. 45, se estableció para la superposición que en cada mes dominara la condición más desfavorable, hídrica o térmica, sin realizar sin embargo una sumatoria de factores. En esta forma, un mes superárido o muy frío dio origen a un mes muy desfavorable; uno árido o frío, a un mes desfavorable; un mes semiárido o templado-frío a un mes semifavorable; un mes subhúmedo o templado-cálido a un mes favorable, siendo meses muy favorables aquellos al mismo tiempo húmedos y cálidos.

Por supuesto, esta equivalencia hídrica y térmica para la definición del grado de desfavorabilidad bioclimática es un hecho que debe todavía comprobarse con estudios de campo y con experimentación en otras zonas del mundo. Además, el concepto de favorabilidad presenta evidentes rasgos de relatividad, pues varía de acuerdo a la distinta tolerancia ecológica de las diferentes especies de animales y plantas. Sin embargo, nos parece que estas correspondencias se reflejan bastante ajustadamente en Chile, particularmente en lo que concierne al tipo de formación vegetal.

Un examen comparativo de las Figs. 44 y 45 muestra una gran concordancia en las líneas generales; se evidencia en ambos casos una amplia zona favorable en el Centro-Sur del país, aproximadamente desde el paralelo 38 al 42, delimitada a norte y a sur por áreas de transición hacia ambientes progresivamente más desfavorables; hacia el norte, por el aumento de la aridez, hacia el sur, por el incremento del frío.

Gráficamente, la penetración del primer factor tiene un sentido lateral, es decir, en los meses más calurosos del año que están en los extremos de las figuras. Por otra parte, la penetración del frío es de tipo cuneiforme, disminuyendo progresivamente hacia la parte superior de los diagramas el número de meses invernales fríos.

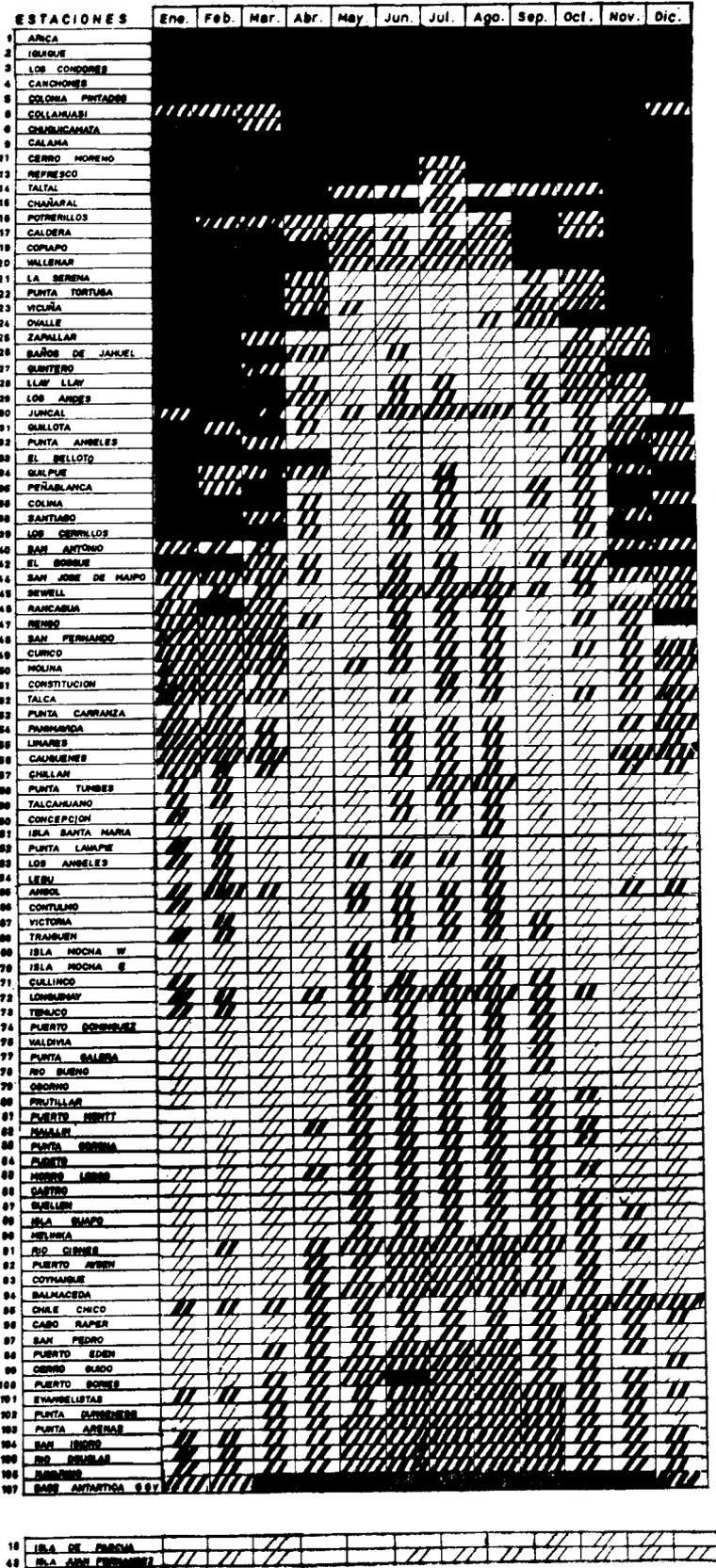
FIG. 44. CUADRO SINOPTICO DE LOS MESES DESFAVORABLES EN CHILE, EN TRES CATEGORIAS. SYNOPSIS TABLE OF UNFAVORABLE MONTHS IN CHILE, IN THREE CATEGORIES.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1 ARICA													18° 30'	70° 22'	22
2 BOMBAY													20° 10'	70° 07'	112
3 LOS CONDONES													20° 30'	68° 38'	860
4 CANCHONES													20° 30'	68° 38'	860
5 COLONIA PIÑADOS													20° 30'	68° 38'	860
6 COLLAUNDAY													27° 00'	68° 48'	4.800
7 CHILINA													27° 15'	70° 10'	3.700
8 CHUBUCANAYA													27° 18'	68° 55'	2.710
9 CALAMA													27° 27'	68° 58'	2.260
10 S. PEDRO ATACAMA													27° 50'	68° 12'	2.436
11 CERRO MORENO													27° 50'	70° 28'	178
12 CACHINAL													27° 50'	68° 54'	2.700
13 REFRESCO													27° 52'	68° 52'	1.850
14 LAJUNTA													28° 25'	70° 34'	30
15 MARIANAL													28° 20'	70° 37'	8
16 POTRERILLOS													28° 30'	68° 39'	2.830
17 CALDENA													27° 03'	70° 38'	28
18 ISLA DE PASCUA													27° 10'	108° 28'	41
19 COPA PO													27° 15'	70° 21'	370
20 VALLENAR													26° 35'	70° 48'	490
21 LA SERENA													26° 54'	71° 15'	32
22 PUNTA TORTUGA													26° 58'	71° 22'	28
23 VICUNA													26° 02'	70° 44'	620
24 YALLI													26° 36'	71° 21'	220
25 YALLAN													26° 36'	71° 21'	220
26 BAÑOS DE JAMUEL													26° 41'	70° 38'	1.180
27 SUINTERO													26° 49'	71° 32'	2
28 LLAY LLAY													22° 50'	70° 58'	385
29 LOS ANDES													22° 50'	70° 59'	818
30 JUNCAL													22° 52'	70° 10'	2.700
31 PUNTA ANSELAS													23° 01'	71° 38'	128
32 EL BELLOTO													23° 03'	71° 24'	41
33 QUILPUE													23° 04'	71° 30'	101
34 PENABLANCA													23° 04'	71° 23'	134
35 COLINA													23° 12'	70° 01'	822
36 SANTA REDONDO													23° 12'	70° 52'	2.800
37 SAN JABO													23° 27'	70° 42'	620
38 LOS CERNILLOS													23° 30'	70° 49'	288
39 SAN ANTONIO													23° 30'	71° 32'	880
40 LO ESPEJO													23° 32'	70° 42'	880
41 EL BOSQUE													23° 37'	70° 52'	8
42 ISLA DE SAN PEDRO													23° 38'	70° 22'	1.080
43 SAN JOSE DE NAUPO													24° 08'	70° 32'	2.134
44 SEWELL													24° 10'	70° 58'	308
45 MANCABUA													24° 24'	70° 51'	128
46 REMBU													24° 38'	70° 50'	942
47 SAN FERNANDO													24° 58'	71° 13'	228
48 CONICO													25° 05'	71° 18'	228
49 MOLINA													25° 20'	72° 38'	7
50 CONSTITUCION													25° 26'	71° 40'	67
51 TALCA													25° 53'	72° 01'	20
52 SANTA CARRANZA													25° 46'	71° 24'	187
53 PANIQUEDA													25° 51'	71° 58'	157
54 CAHUENES													26° 59'	72° 22'	177
55 CHILLAN													26° 38'	72° 02'	178
56 PUNTA YUMBES													26° 27'	70° 06'	120
57 LAJA PLANA													26° 25'	70° 07'	84
58 CONDORCOCHA													26° 50'	73° 02'	15
59 ISLA SANTA MARIA													26° 50'	73° 52'	78
60 PUNTA LAVAPIE													27° 08'	73° 38'	28
61 LOS ANGELES													27° 28'	72° 21'	150
62 LEBU													27° 21'	73° 06'	20
63 ARAUCO													26° 02'	73° 13'	38
64 CONULNU													26° 13'	72° 51'	360
65 VICTORIA													26° 15'	72° 40'	170
66 TRAIQUEN													26° 15'	72° 40'	170
67 ISLA NOCHA W													26° 22'	72° 01'	32
68 ISLA NOCHA E													26° 22'	72° 01'	32
69 CULLINGO													26° 22'	72° 15'	377
70 LONGUINAY													26° 28'	71° 18'	800
71 YEMUCO													26° 48'	72° 58'	174
72 PUERTO DOMINGUEZ													26° 54'	73° 12'	8
73 LONCOCHE													26° 23'	74° 38'	112
74 PUNTA ALBA													26° 01'	73° 44'	48
75 RIO BUENO													26° 18'	72° 58'	88
76 OSORNO													26° 38'	73° 08'	24
77 FRUTILLAN													27° 07'	72° 58'	138
78 PUERTO MONTE													27° 12'	73° 01'	38
79 MAULIN													27° 12'	73° 01'	38
80 PUNTA CONCHA													27° 12'	73° 01'	38
81 PUDETO													27° 12'	73° 01'	38
82 MARRO LINDO													27° 12'	73° 01'	38
83 CASIYO													27° 12'	73° 01'	38
84 SUELLON													27° 12'	73° 01'	38
85 CULLINCO													27° 12'	73° 01'	38
86 ISLA GUAPO													27° 12'	73° 01'	38
87 MELINKA													27° 12'	73° 01'	38
88 RIO CISNES													27° 12'	73° 01'	38
89 PUERTO AYSEN													27° 12'	73° 01'	38
90 COPIAPO ALTO													27° 12'	73° 01'	38
91 BALNEADA													27° 12'	73° 01'	38
92 CHILE UNICO													27° 12'	73° 01'	38
93 CABO RAPEA													27° 12'	73° 01'	38
94 SAN PEDRO													27° 12'	73° 01'	38
95 PUERTO EDEN													27° 12'	73° 01'	38
96 CERRO GUIDO													27° 12'	73° 01'	38
100 PUERTO MONTE													27° 12'	73° 01'	38
101 EVANGELISTAS													27° 12'	73° 01'	38
102 PUNTA DUNBENEZ													27° 12'	73° 01'	38
103 PUNTA ARENAS													27° 12'	73° 01'	38
104 SAN ISIDRO													27° 12'	73° 01'	38
105 RIO DOBUAS													27° 12'	73° 01'	38
106 NAVARINO													27° 12'	73° 01'	38
107 S. ANTARCTICA 60V													27° 12'	73° 01'	38

MES FAVORABLE (HUMEDO Y CALIDO)
 MES SEMI-FAVORABLE (SEMIARIDO ó SEMIPRIO)
 MES DESFAVORABLE (ARIDO ó PRIO ó SEMIARIDO-SEMIPRIO)

o ESTACION ACCESORIA (menos de 7 años de observaciones)

FIG. 45. CUADRO SINOPTICO DE LOS MESES DESFAVORABLES EN CHILE, EN CINCO CATEGORIAS.
SYNOPTIC TABLE OF VEGETATIVE POTENTIALITY IN CHILE, IN FIVE CATEGORIES.



Muy desfavorable Desfavorable Semifavorable Favorable Muy favorable

Las divergencias entre las Figs. 44 y 45 se deben principalmente a la diferente sensibilidad, ya señalada en el capítulo sobre aridez, para medir este fenómeno en la zona costera. En la Fig. 45 las Estaciones costeras aparecen menos desfavorables que las del interior, conforme con la realidad biológica.

Interpretando las mismas figuras sobre la base conceptual de definir cuál es el principal factor de "control", podemos afirmar que toda la zona septentrional del país, hasta aproximadamente el paralelo 37, está "controlada" por la aridez, en tanto que el territorio que se extiende desde el paralelo 38 hasta el extremo sur está "controlado" por el frío. La franja comprendida aproximadamente entre los paralelos 37 y 38 es una zona de transición, en que los controles por la aridez y el frío son equivalentes en intensidad.

Ya hemos visto que la región Centro-Sur del país (paralelos 38 a 42) queda relativamente respetada de las penetraciones de la aridez desde el norte y, en menor grado, del frío desde el sur; en esta zona de controles climáticos poco intensos, los controles edáficos, en especial el deficiente drenaje, pueden llegar a ser los más importantes.

No vale la pena discutir una posible clasificación del país según la duración del período desfavorable, pues las divisiones resultantes serían muy similares a las consignadas a propósito de la aridez. La mayor diferenciación podría hacerse en la X Zona de aridez (la franja occidental de Chile austral), totalmente libre de fenómenos de sequía, pero que muestra distintos grados de intensidad en las limitaciones por el frío. Esta zona podría subdividirse por lo menos en dos regiones: la primera, más templada, extendida desde el sur de Melinka hasta el norte de Evangelistas, localidad en la cual no existe ningún mes totalmente favorable en cuanto a las posibilidades vegetativas; la segunda, más fría, desde Evangelistas hasta el extremo sur del país, con un tipo climático de tundra isotérmica. En relación a estos territorios es importante destacar, además, la fuerte acción delimitadora del viento que agrava notablemente los efectos del frío.

A pesar de que al estado actual de nuestros conocimientos no hemos podido llegar a conclusiones definitivas, es indudable que hay cierto paralelismo entre estos esquemas de meses desfavorables y los grandes tipos de formaciones vegetales presentes en Chile. Por ejemplo, 12 meses desfavorables corresponden a formaciones desérticas, 9-11 meses coinciden con los semidesiertos, 7-9 meses con las formaciones esteparias,

las que van evolucionando hacia el sur, a medida que aumenta la extensión del periodo favorable, a sabana, parque y bosque eselerófilo hasta exteriorizarse la selva valdiviana (bosque templado higrófilo) en la zona más favorable del país. Más al sur, debido al factor limitante del frío, estas formaciones forestales densas se degradan a bosques cada vez de menor desarrollo hasta desembocar en las tundras; en la zona oriental austral se encuentran nuevamente estepas, condicionadas en este caso por la limitación conjunta de la aridez y del frío.

En suma, creemos que esta representación gráfica asociada del período árido y del período frío aporta algunas luces al problema bioclimatológico de la "respuesta" global de la vegetación. Es probable también que se pueda llegar a formular "índices de desfavorabilidad".

En cuanto al aspecto formal de los diagramas de meses desfavorables, es posible que su trazado pueda ser más difícil en países que no tengan la configuración de norte a sur de Chile. En estos casos, podrían tal vez utilizarse figuras de tipo circular o semicircular de acuerdo a la forma del país.

Los gráficos de meses desfavorables, pueden servir de base ecológica para la aplicación de algunas prácticas agropecuarias, como por ejemplo la trashumancia estacional. Apoyándose en estos cuadros de desfavorabilidad climática y con fines de explotación pecuaria, se han señalado para Chile 7 zonas desfavorables y sus respectivos homoclimas con otras regiones del mundo (di Castri et al. 1962).

A pesar que la interacción de temperatura y humedad ha sido adoptada generalmente como criterio básico de toda clasificación climática (Köppen, Thornthwaite, Gaussen, Emberger, Giacobbe, etc.), no existen representaciones gráficas realmente claras de estas interacciones. Nuestros diagramas pueden considerarse una contribución en este sentido, cuya efectividad está sujeta a comprobación.

VII. EL CONCEPTO DE CONTINENTALISMO

No hay dudas que el continentalismo no puede constituir en Chile un fenómeno climático de importancia, debido a la disposición geográfica del país; sin embargo, hemos estimado oportuno contemplarlo en este trabajo, sobre todo en oposición al concepto de tendencia oceánica del clima.

Lamentablemente, no hemos podido realizar un estudio completo de algunos índices directos o indirectos de continentalidad, como por ejemplo el índice de continentalidad de Johansson (en Lorente 1961), la clasificación de Debrach (en Sauvage 1963) y el índice de continentalidad térmica (índice térmico invernal) de Giacobbe. En especial este último, por haber sido elaborado para territorios de clima mediterráneo, podría ser adecuado para el ambiente chileno.

Nos hemos limitado a considerar aquí el ángulo de continentalidad hídrica de Gams (en de Philippis 1960-61) y el índice de fertilidad térmica (en Euverte 1959), que es también una expresión del grado de continentalismo.

Las fórmulas están en la página siguiente.

El ángulo de Gams, que consiste en la relación bajo forma de función trigonométrica entre precipitaciones y altitud, ha sido elaborado casi exclusivamente para Estaciones de altura; por lo tanto, será probablemente muy útil en Chile en el momento en que existan Estaciones meteorológicas a lo largo de la cordillera. Dado que estas condiciones no se cumplen ahora en Chile sino en forma extremadamente limitada y las áreas cordilleranas son justamente las más desprovistas de datos meteorológicos, hemos estimado innecesario presentar aquí los datos derivados de este índice. Por esta misma razón, no discutimos el trabajo de Shanks (1954), dedicado al problema del clima de altura.

Tampoco el grado de fertilidad térmica aporta grandes antecedentes al respecto (di Castri & Hajek 1961b). Sin embargo, se incluyen los resultados en el cuadro 6, ya que permiten ciertas diferenciaciones en relación a influencias oceánicas y continentales.

Se trata de un índice en proporción inversa al grado de continentalismo. Son regiones continentales aquellas delimitadas por un índice r inferior a 1,5. Estas están totalmente ausentes en Chile, por lo menos en relación a las Estaciones en que se dispone de datos, aun cuando es posible que existan algunas áreas restringidas de clima realmente continental en la cordillera de los Andes y en algunos territorios orientales de Chile austral.

$$\text{Indice de Gams} \quad \text{cot} = \frac{\text{precipitación anual en mm}}{\text{altitud en m}}$$

$$\text{Indice de fertilidad térmica (r):} = \frac{\lambda}{e}$$

en que λ es la latitud y e es la amplitud térmica anual (media del mes más cálido menos media del mes más frío).

CUADRO Nº 6

INDICES DE FERTILIDAD TERMICA (Grado de continentalismo) EN LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS ANALIZADAS

Indices of "thermic fertility" (degree of continentalism) for Chilean meteorological stations

$$r = \frac{\lambda}{e}$$

1. ARICA	2.77	55. LINARES	2.71
2. IQUIQUE	3.66	56. CAUQUENES	2.70
3. LOS CONDORES	2.19	57. CHILLAN	2.80
4. CANCHONES	2.47	58. PUNTA TUMBES	6.27
5. COLONIA PINTADOS	3.13	59. TALCAHUANO	4.99
6. COLLAHUASI	2.33	60. CONCEPCION	4.35
7. OLLAGÜE	2.55	61. ISLA SANTA MARIA	7.32
8. CHUQUICAMATA	3.41	62. PUNTA LAVAPIE	5.98
9. CALAMA	2.50	63. LOS ANGELES	3.00
10. SAN PEDRO DE ATACAMA	2.11	64. LEBU	5.05
11. CERRO MORENO	3.43	65. ANGOL	3.37
12. CACHINAL	2.73	66. CONTULMO	4.63
13. REFRESCO	3.76	67. VICTORIA	3.20
14. TALTAL	3.32	68. TRAIQUEN	3.74
15. CHAÑARAL	3.64	69. ISLA MOCHA W	7.08
16. POTRERILLOS	4.46	70. ISLA MOCHA E	5.97
17. CALDERA	4.06	71. CULLINCO	3.78
18. ISLA DE PASCUA	4.59	72. LONQUIMAY	2.90
19. COPIAPO	3.36	73. TEMÜCO	4.18
20. VALLENAR	3.68	74. PUERTO DOMINGUEZ	5.84
21. LA SERENA	4.48	75. LONCOCHE	3.22
22. PUNTA TORTUGA	5.28	76. VALDIVIA	4.24
23. VICUÑA	3.57	77. PUNTA GALERA	8.33
24. OVALLE	3.41	78. RIO BUENO	4.23
25. ZAPALLAR	4.97	79. OSORNO	3.92
26. BAÑOS DE JAHUEL	2.68	80. FRUTILLAR	4.95
27. QUINTERO	5.07	81. PUERTO MONTT	5.29
28. LLAY LLAY	3.16	82. MAULLIN	5.91
29. LOS ANDES	2.48	83. PUNTA CORONA	7.54
30. JUNCAL	2.98	84. PUDETO	5.33
31. QUILLOTA	4.07	85. MORRO LOBOS	6.27
32. PUNTA ANGELES	5.32	86. CASTRO	4.91
33. EL BELLOTO	3.27	87. QUELLON	5.67
34. QUILPUE	3.59	88. FUTALEUFU	3.29
35. PEÑABLANCA	3.27	89. ISLA GUAFO	8.17
36. COLINA	2.28	90. MELINKA	7.26

37.	MAITEN REDONDO	2.42	91.	RIO CISNES	3.34
38.	SANTIAGO	2.82 ✓	92.	PUERTO AYSEN	4.81
39.	LOS CERRILLOS	2.41	93.	COYHAIQUE	3.87
40.	SAN ANTONIO	5.21	94.	BALMACEDA	3.76
41.	LO ESPEJO	2.83	95.	CHILE CHICO	3.83
42.	EL BOSQUE	2.40	96.	CABO RAPER	8.94
43.	ISLA JUAN FERNANDEZ	5.06	97.	SAN PEDRO	8.32
44.	SAN JOSE DE MAIPO	2.98	98.	PUERTO EDEN	5.20
45.	SEWELL	3.04	99.	CERRO GUIDO	3.95
46.	RANCAGUA	2.58	100.	PUERTO BORIES	4.11
47.	RENGO	2.48	101.	EVANGELISTAS	11.87
48.	SAN FERNANDO	2.72	102.	PUNTA DUNGENESS	6.00
49.	CURICO	2.58	103.	PUNTA ARENAS	5.77
50.	MOLINA	2.65	104.	SAN ISIDRO	7.98
51.	CONSTITUCION	4.35	105.	RIO DOUGLAS	6.41
52.	TALCA	2.59	106.	NAVARINO	6.89
53.	PUNTA CARRANZA	7.52	107.	BASE ANTARTICA G.G.V.	5.66
54.	PANIMAVIDA	2.77			

La mayor parte de Chile está por lo tanto incluida, de acuerdo a este índice, dentro de las regiones de transición ($r < 3 > 1,5$) y sobre todo de las regiones húmedas sin grandes diferencias térmicas (oceánicas).

También, según el clásico criterio climatológico de estimar continentales las zonas con amplitud térmica anual superior a 20 °C, se excluye la existencia en Chile de localidades verdaderamente continentales.

Incluso la observación de los simples datos termométricos y pluviométricos de Chile permite llegar a algunas conclusiones. En este sentido, el aumento de la tendencia continental, o mejor dicho la disminución de las influencias oceánicas, se revela en Chile por el progresivo incremento de la amplitud térmica que alcanza en la zona de Coyhaique hasta 17 °C (Almeyda, citado por Fuenzalida 1950). Por otra parte, en algunas áreas de la zona chilena de clima mediterráneo, las influencias continentales se exteriorizan por la disminución de la concentración de las precipitaciones en invierno, pero sin llegar en ningún caso a lluvias predominantes en el período cálido.

Por el análisis conjunto del índice de fertilidad térmica y de los datos termopluviométricos, formulamos las siguientes conclusiones preliminares:

1. Chile es un país dominado en gran parte por las influencias oceánicas, sobre todo debido a la presencia de la corriente fría de Humboldt que asegura una gran constancia térmica. La mayor parte de las Estaciones chilenas, aun aquellas situadas al interior, tiene un clima de tipo litoral; muchas Estaciones costeras, por otra parte, poseen un clima "insular" a pesar de su ubicación en el continente, de acuerdo a la clasificación de Debrach (en Sauvage 1963). El índice "r", inverso al grado de continentalismo, arroja valores elevados en la costa de Chile central, llegando a cifras excepcionalmente altas en la franja occidental de Chile austral.

2. Incluso el desierto del Norte Grande no muestra grados de continentalismo comparables a aquellos de otras zonas erémicas mundiales. Puede considerarse, bajo este punto de vista, un desierto oceánico.

3. También casi toda la zona semiárida de las estepas y praderas patagónicas en Aysén y Magallanes está abierta a las influencias oceánicas, atenuadas sólo parcialmente por encontrarse esta zona al este del cordón cordillerano que aquí no es muy alto. Sus índices "r" son por lo general más elevados, es decir, con mayor

influencia marítima que los del valle longitudinal de Chile Central. Por lo tanto, a pesar de la aridez, esta región debe considerarse de tendencia claramente oceánica.

4. Los valores del índice "r", que revelan el mayor grado de continentalismo relativo, con amplitudes térmicas de 13-15 °C y probablemente más, se observan en las localidades del valle longitudinal situadas al este de los cordones más desarrollados de la cordillera de la costa, que impiden o dificultan la penetración de las influencias marinas. En muchas de estas localidades hay un paralelismo entre el aumento de la amplitud térmica y la disminución progresiva de la concentración pluviométrica en invierno, que desciende a valores cercanos o inferiores al 50%. Bajo estos puntos de vista, podemos señalar ciertas influencias continentales en el sector del valle longitudinal que va desde el sur de Baños de Jahuel hasta aproximadamente Talca, con puntas más manifiestas en Colina, Bатуco, Los Cerrillos y Rancagua. Más al sur, por el menor relieve de la cordillera de la costa, las influencias oceánicas pueden infiltrarse más fácilmente hasta el valle longitudinal; vuelve a manifestarse el mismo fenómeno de cierto continentalismo en las zonas de depresiones detrás de los relieves costeros, especialmente en la región de Angol y de Río Bueno a Osorno; aquí la barrera contra las influencias marinas está representada, respectivamente, por la cordillera de Nahuelbuta y la cordillera Pelada. Un papel de "pantalla" similar al de la cordillera de la costa juega más al sur la cordillera de los Andes, que se ubica en posición más litoral; se observan, por lo tanto, fenómenos atenuados de continentalismo en restringidos territorios transandinos de Chile austral.

5. En general, para la cordillera de los Andes no se pueden entregar muchas conclusiones por la ausencia casi absoluta de datos; esto impide aclarar el problema de gran interés biológico sobre las diferencias y las similitudes entre los climas de altura y los climas de las zonas bajas de la misma región. En todo caso, al analizar los datos pluviométricos de Almeyda y Sáez (1958), aparecen ciertas influencias de continentalismo hídrico en la cordillera de los Andes. En Maitén Redondo sólo el 50% de las lluvias se concentra en invierno; en Juncal, las precipitaciones de octubre, noviembre y febrero son superiores incluso a las de algunos meses invernales; sería interesante conocer datos de Estaciones meteorológicas de mayor altitud (3.000 - 4.000 metros o más), pero es probable que en la alta cordillera de la zona central exista una mezcla de influencias mediterráneas con continentales, predominando las primeras. Sabemos que en la alta cordillera de la zona intertropical del norte de Chile las precipitaciones se producen en el período cálido; puede suponerse que este régimen tropical de precipitaciones evolucione parcialmente hacia el sur a lo largo de la cordillera hasta conformar un régimen con ciertas influencias continentales en cuanto a

la presencia de lluvias también en verano. A este respecto, recordamos los alcances de Emberger (1955b) sobre las grandes analogías entre tipo tropical y tipo continental, que corresponderían al mismo régimen pluviométrico en dos zonas distintas desde un punto de vista térmico. Por lo demás, la alta cordillera del norte recibe al mismo tiempo que las influencias pluviométricas tropicales, influencias térmicas continentales que se revelan por los valores del índice "r" en Collahuasi y Ollagüe.

6. Más que la amplitud térmica anual, es la amplitud térmica diaria el rasgo dominante del clima chileno. Esta fuerte oscilación diaria en grandes áreas del país es el mejor argumento para disminuir en lo posible el uso de los índices climáticos basados sobre valores medios de la temperatura, que no traducen los efectos biológicos ejercidos por los extremos térmicos.

VIII. EL CLIMA MEDITERRÁNEO EN CHILE

El problema de la definición y de la delimitación del clima mediterráneo constituye, a nuestro entender, el eje principal de la bioclimatología chilena, ya que gran parte del territorio presenta rasgos de esta tendencia climática. Sin embargo, este problema no es de fácil solución; ni siquiera en las áreas mediterráneas europeas, a pesar de la cantidad de estudios realizados, se ha podido llegar a un acuerdo satisfactorio, de tal forma que, por ejemplo, la región mediterránea italiana se contrae o se extiende sensiblemente según el punto de vista de los distintos especialistas.

En Chile la definición del clima mediterráneo está íntimamente ligada al problema de la aridez. Los dos fenómenos bioclimáticos deben necesariamente recibir un enfoque de conjunto.

A pesar de la importancia del tema, no hemos podido realizar en este trabajo un estudio completo de los criterios enunciados para la delimitación de las áreas de clima mediterráneo. Dejaremos para otra oportunidad un análisis más acucioso del índice xerotérmico de Bagnouls y Gaussen y la discusión de los diferentes índices expuestos por Giacobbe (1958, 1959 y 1964), en particular del nuevo índice estacional de aridez y del llamado "coeficiente mediterráneo".

En esta ocasión, hemos considerado casi exclusivamente los principios de Emberger (1955a, 1955b, 1958 y 1959), complementados en parte por el primer índice de aridez estival enunciado por Giacobbe en 1949 (en Emberger 1953), que consiste en la

relación entre lluvias estivales y media de las temperaturas máximas del mes más cálido. El límite del tipo bioclimático mediterráneo estaría definido por la cifra 7 de esta relación; por encima de este valor, ya no habría clima mediterráneo.

Para la definición del tipo mediterráneo, nos hemos ceñido estrictamente a aquella propuesta por Emberger (1955b), en el sentido de que "clima mediterráneo es un clima de la zona extratropical, por lo tanto de fotoperiodismo diario y estacional, con precipitaciones concentradas en el período frío del año y con sequía durante la estación más cálida". De acuerdo a esto, el régimen mediterráneo no es sólo un problema de dominancia invernal de la lluvia, sino presupone básicamente la existencia de sequía estival. Para la separación del clima mediterráneo respecto al desértico, hemos estimado con Emberger (1955b) que un desierto presenta un "clima caracterizado por precipitaciones que no tienen lugar todos los años y que pueden ocurrir en cualquier momento", faltando un régimen pluviométrico definido.

Basándonos en este último criterio, la zona mediterránea de Chile se extendería mucho hacia el norte, abarcando territorios que hasta el momento han sido incluidos en el tipo desértico (Fuenzalida, 1950); en efecto, las precipitaciones se concentran con regularidad durante el período frío estableciendo un régimen mediterráneo, aun cuando sean insuficientes durante todo el año. Hacia el norte la zona mediterránea comprendería, por lo tanto, una buena parte de la provincia de Atacama, alcanzando hasta el río Salado y remontando en la costa hasta el paralelo 25, aproximadamente en correspondencia con la localidad de Paposo. Incluso, Antofagasta e Iquique muestran todavía ciertas influencias mediterráneas, ya que las lluvias, a pesar de ser irregulares, se producen con mayor frecuencia en invierno; hasta en Arica y Tacna el período biológicamente más activo, dentro de la relatividad dada por las condiciones desérticas tropicales, es el invierno.

Hacia la cordillera septentrional es más difícil definir la extensión del clima mediterráneo, pero es probable que se prolongue menos que en la costa, debido a la penetración hacia el sur del régimen pluviométrico tropical, correspondiente a la puna del norte de Chile.

Al sur del país, el problema de diferenciar el clima mediterráneo más húmedo del clima oceánico con influencias pluviométricas mediterráneas estriba en la evidenciación de un período de sequía estival. Nuestros estudios sobre la aridez en Chile nos permiten afirmar con bastante seguridad que hay aridez estival hasta la mayor parte de la provincia de Cautín, inclusive, es decir, hasta el paralelo 39 o un poco más al sur.

Loncoche ya muestra condiciones de humedad suficiente a lo largo de todo el año. El clima mediterráneo se proyecta sucesivamente hacia el sur en la región de Río Bueno y Osorno, que se asemeja mucho a la zona de Temuco, y probablemente en algunas áreas de la isla de Chiloé y de Chiloé y Aysén continental.

El cálculo del índice de aridez estival de Giacobbe confirma lo anterior: este índice tiene valores todavía inferiores a 7 en Lonquimay, Temuco, Puerto Saavedra y, más al sur, en Río Bueno y Osorno; el límite está superado ya en Loncoche y Valdivia. Hay algunas confirmaciones biológicas a esta diferenciación; según Oberdorfer (1960) existen en la zona de Temuco y Osorno residuos de la vegetación mediterránea, que constituye el tipo vegetacional dominante en el centro de Chile.

En síntesis, salvo en el norte y en la región austral, el régimen pluviométrico y el tipo bioclimático en Chile son mediterráneos.

Una vez definidos los límites extremos de la zona, debe abordarse el tema de la diferenciación en regiones mediterráneas. También en este caso hemos adoptado los principios expuestos por Emberger. Además del coeficiente pluviométrico, cuyos resultados ya han sido presentados en el capítulo sobre aridez, el otro elemento de clasificación está constituido por los valores de la temperatura mínima media del mes más frío. Hemos establecido así las siguientes regiones mediterráneas: perárida, árida, semiárida, subhúmeda, húmeda y perhúmeda.

Nos ha parecido preferible adoptar la denominación perárida en lugar de la propuesta por Emberger de "clima mediterráneo sahariano"; el término sahariano está demasiado definido desde un punto de vista geográfico y climático; además, el desierto costero chileno con influencias oceánicas tiene caracteres muy distintos del tipo continental que domina en el Sahara.

Hemos estimado necesario también crear la categoría de "clima mediterráneo perhúmedo", pues en Chile se llega a valores mucho más altos del índice de Emberger respecto a Europa y Norte de Africa, manteniéndose siempre dentro de los requisitos del clima mediterráneo. En Chile, junto con aridez estival, pueden presentarse promedios anuales de precipitaciones extremadamente altos.

Los resultados de la clasificación de Emberger, referida al ambiente chileno, aparecen en la Fig. 46. Las líneas curvas de subdivisión son aquellas establecidas empíricamente por Emberger después de estudiar en el terreno, especialmente en

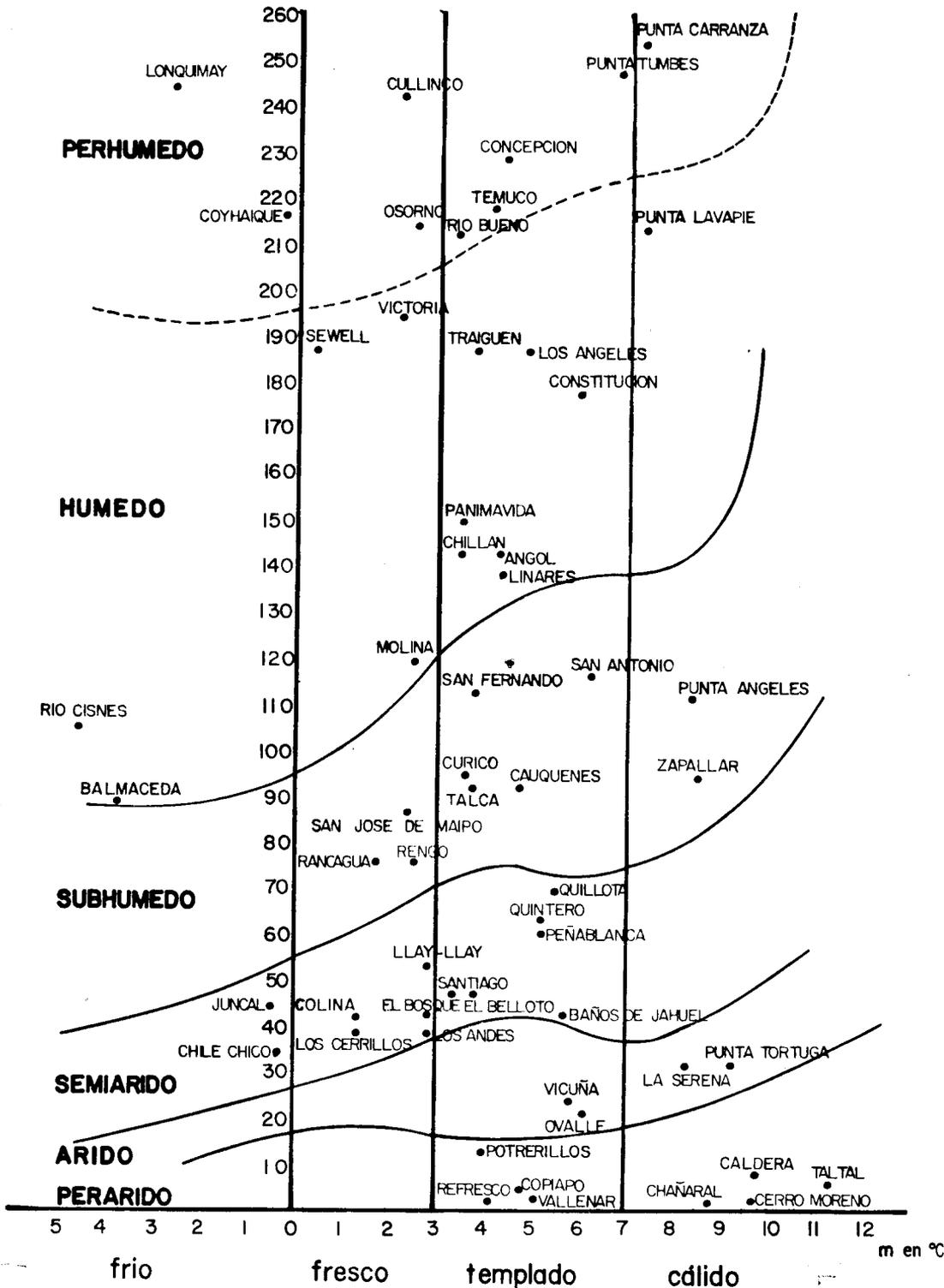


FIG. 46. EL CLIMA MEDITERRANEO DE CHILE, DE ACUERDO A LOS PRINCIPIOS DE EMBERGER.
 THE MEDITERRANEAN CLIMATE OF CHILE, ACCORDING TO THE PRINCIPLES OF EMBERGER.

Europa y Africa del Norte, la respuesta de la vegetación a los factores climáticos mediterráneos. Las hemos aceptado provisoriamente para Chile como hipótesis inicial de trabajo, pero es posible que deban sufrir algunas modificaciones. La línea superior que demarca el clima húmedo del perhúmedo (trazos interrumpidos) tiene un carácter aun más preliminar.

La región de clima mediterráneo perárido se extendería desde el límite norte del clima mediterráneo (paralelo 25 en la costa y río Salado al interior) hasta el norte de la provincia de Coquimbo. Su vegetación es de tipo semidesértico, y en algunas áreas incluso desértico, pero hay ciertas influencias vegetacionales mediterráneas, como los matorrales espinosos o las sabanas con *Acacia caven*, las que se observan en forma discontinua hasta la latitud de Copiapó.

La región mediterránea árida comprende la provincia de Coquimbo y parte de la de Aconcagua, ya que las localidades de Baños de Jahuel y de Los Andes están precisamente en su límite meridional. La vegetación es principalmente la estepa arbustiva y espinosa, con mayor densidad en la costa que en el interior. Hay también algunas sabanas de *Acacia caven* en la parte central y bosques esclerófilos en muchas quebradas, persistiendo en las áreas costeras relictos de bosques higrófilos mantenidos por las condensaciones de neblina.

La región mediterránea semiárida corresponde con bastante exactitud a las provincias de Santiago y Valparaíso y una pequeña parte de la de Aconcagua, con excepción de la franja costera hasta Zapallar, que se proyecta bioclimáticamente hacia el sur en la región mediterránea subhúmeda. La vegetación dominante es la sabana de *Acacia caven* sobre todo el valle longitudinal, mientras hacia la costa y la precordillera se observan bosques esclerófilos más o menos abiertos.

La región mediterránea subhúmeda abarca desde el norte de la provincia de O'Higgins hasta la provincia de Talca. Molina constituye un límite bioclimático pero el tipo subhúmedo se extiende también más al sur en Talca y Cauquenes, localidades que son más secas que las zonas circundantes. También dentro de esta región se comprenden zonas costeras y precordilleranas situadas más al norte, confirmándose así una característica del clima chileno mediterráneo de que el valle longitudinal es más árido que los territorios de la misma latitud ubicados en la costa y en la cordillera. La vegetación no es muy disímil de aquella de la zona anterior, salvo una mayor incidencia de los bosques esclerófilos.

La región mediterránea húmeda empieza desde Molina en el interior, partiendo además estrechas fajas costeras y cordilleranas desde Constitución y Sewell, respectivamente; se prolonga hacia el sur hasta la provincia de Malleco, comprendiendo las localidades de Victoria y de Traiguén. La distribución de las Estaciones en la Fig. 46 muestra claramente dos agrupaciones; una de ellas llega hasta Chillán, con una proyección en Angol, mientras la otra corresponde a las localidades más meridionales. De aquí la oportunidad de subdividir el clima mediterráneo húmedo, por lo menos en lo que concierne al ambiente chileno. También hay diferencias vegetacionales entre estos dos grupos de Estaciones, revelando los territorios meridionales la dominancia de bosques esclerófilos con inclusiones de formaciones más higrófilas de tipo valdiviano.

Finalmente, la región de clima mediterráneo perhúmedo va desde el límite sur de la provincia de Malleco, desde Concepción en la costa y desde Lonquimay en la cordillera hasta abarcar casi toda la provincia de Cautín hasta el norte de Loncoche y proyectarse más al sur hasta la zona de Río Bueno y Osorno; aquí las influencias marítimas están parcialmente detenidas por el cordón longitudinal de la cordillera de la costa. En esta región es dominante el bosque mesófilo o el templado higrófilo valdiviano; las áreas de parque se deben probablemente a degradación antrópica.

En general, estas subdivisiones corresponden bastante exactamente a los límites biológicos de la zona mediterránea chilena. Sin embargo, las líneas señaladas en la Fig. 46 deben considerarse más bien como amplias áreas de transición de un tipo climático a otro. Esto es evidente sobre todo en los extremos, pues en el norte hay interpenetración de influencias desérticas y mediterráneas, mientras en el sur las influencias recíprocas son mediterráneas con oceánicas.

Estas regiones concuerdan también, en sus rasgos más generales, con las zonas de aridez discutidas en el capítulo respectivo e incluso parcialmente con las divisiones climáticas de Fuenzalida (1950), realizadas de acuerdo a los principios de Köppen. Las diferencias más evidentes con Fuenzalida se refieren a algunas Estaciones marítimas, por ejemplo Punta Lavapié, que Fuenzalida considera una localidad de mayor aridez respecto a las del interior, pues sus precipitaciones son inferiores; sin embargo, con el método de Emberger y también con el de Giacobbe, Punta Lavapié aparece mucho más húmeda, debido a que la amplitud térmica anual es extremadamente reducida. Por otra parte, la humedad relativa de esta Estación es constantemente elevada.

El otro criterio de subdivisión propuesto por Emberger (1955b) consiste en diferenciar variedades de clima mediterráneo de acuerdo a los valores de la temperatura mínima media del mes más frío (m). Este autor distingue una variedad cálida ($m > 0$ °C) una variedad intermedia con m alrededor de 0 °C y una fría con $m < 0$ °C. En el ambiente chileno nos ha parecido más conveniente adoptar otra subdivisión, también expuesta por Emberger en un trabajo no publicado; según ella, la variedad cálida y alejada del peligro de heladas corresponde a $m < 7$ °C; la templada, con algunas heladas, va de $m > 3$ a $m = 7$; la fresca, con heladas bastante frecuentes, está comprendida entre $m > 0$ y $m = 3$; la fría, con heladas durante largos períodos y $m = 0$; la muy fría o de alta montaña con valores variables, pero siempre inferiores a 0 °C.

Utilizando este criterio de clasificación basado en el frío nos ha sido posible trazar para el área mediterránea una serie de variedades intermedias, que están representadas en la Fig. 46. El análisis de las líneas demarcatorias verticales permite destacar los siguientes aspectos: todas las Estaciones marítimas están ubicadas en el límite de la variedad mediterránea cálida, la mayoría de las Estaciones del valle longitudinal se localiza en la variedad mediterránea templada; a la variedad mediterránea fresca corresponden las Estaciones que resienten de influencias continentales o bien algunas de cierta altura; solamente una de nuestras Estaciones de altura pertenece a la variedad mediterránea fría, aun cuando en Chile deben existir muchísimas localidades de esta variedad que la escasez de Estaciones meteorológicas no nos ha permitido detectar.

Esto confirma las observaciones consignadas junto con la descripción de los hiterógrafos de las distintas provincias chilenas, sobre el hecho de que en Chile pueden reconocerse en el clima mediterráneo tres variantes: una litoral con influencias oceánicas, otra interior en ubicación intermedia y una tercera montana y sujeta a influencias algo más continentales. Esta terminología de variedad litoral, interior y montana, en lugar de los nombres propuestos por Emberger de variedad cálida, templada y fresca, podría ser más apropiada para el ambiente chileno, ya que refleja una situación real de tipo biogeográfico.

En efecto, los nexos biogeográficos entre las distintas subzonas mediterrneas chilenas son más evidentes en sentido vertical que horizontal. En otras palabras, hay mayores afinidades entre dos territorios de una misma variedad (por ejemplo, litoral) aun cuando pertenezcan a una región distinta de clima mediterráneo, que entre dos localidades de una misma región climática (por ejemplo, semiárida) pero de distinta ubicación fisiográfica.

La cordillera de la costa constituye un sistema orográfico, situado en gran parte del área mediterránea chilena, de gran importancia bioclimática y biogeográfica; no sólo dificulta la penetración de influencias oceánicas hacia el interior, sino también, debido a su gran antigüedad geológica, ha permitido la migración de formas australes (paleoantárticas) a lo largo de ella.

El papel bioclimático de la cordillera de la costa se observa indirectamente en la región de clima mediterráneo árido (Norte Chico); aquí, la disposición por cordones transversales de los cerros no impide la penetración marina, y la localidad interior de Vicuña, por ejemplo, tiene un clima más litoral que muchas Estaciones más meridionales y más cercanas a la costa, pero ubicadas en depresiones al este de la cordillera costera, que actúa como una pantalla

De gran importancia sería también dilucidar para el área mediterránea chilena el problema del clima de montaña, vale decir, establecer si las elevadas cumbres que flanquean esta zona pertenecen al tipo climático mediterráneo o bien deben incluirse en otra categoría. Este tema sobre las relaciones entre clima de montaña y clima de las llanuras correspondientes ha dado origen a intensas discusiones entre los especialistas europeos, sobre todo de las escuelas de Gaussen y de Emberger; existe al respecto una revisión que aclara los términos principales del problema (Corti, 1958).

En Chile, a pesar del escaso número de Estaciones meteorológicas de altura, pueden adelantarse los siguientes hechos:

1. En toda el área mediterránea, las Estaciones del piedmont andino y probablemente todas aquellas situadas hasta 2.000-3.000m de altitud tienen un clima de tipo mediterráneo, aun cuando resientan de algunas influencias continentales por la mayor amplitud térmica. En algunos casos, es posible asimilar bioclimáticamente las zonas precordilleranas a los territorios planos ubicados un poco más al sur.

2. El problema es menos claro para las Estaciones de alta cordillera. Es posible que en muchos casos exista cierto equilibrio entre influencias mediterráneas y continentales, resultando de esta manera precipitaciones repartidas en la mayor parte del año. En una circunstancia hemos comprobado una absoluta discordancia climática entre dos localidades de distinta altura, situadas a la misma latitud: Potrerillos, a 2.850m de altitud, pertenece claramente al clima mediterráneo perárido con precipitaciones invernales; por el contrario, la laguna del Negro Francisco, a 4.000m y ubicada aún más al sur de Potrerillos (frente a Copiapó, 370m, también de clima mediterráneo

perárido), muestra concentración de las lluvias en verano (Fuenzalida, 1950). Esto último indica una persistencia de condiciones tropicales que se infiltran desde el norte o un aumento de las influencias continentales. En este aspecto, se confirma en parte la afirmación de Emberger de que los climas continentales son réplicas extratropicales del clima tropical.

3. Es evidente que, cualquiera sea el régimen pluviométrico, el período de actividad biológica en alta montaña se verifica solamente en verano, con una tendencia biológicamente continental, mientras en las partes planas de la zona mediterránea los máximos biológicos se registran en invierno o en los períodos equinocciales.

Sin duda, Chile poseería condiciones ideales para la dilucidación de este problema, dada la extensión perfectamente norte-sur de la cordillera, si se pudiese obtener que fuera colocada una red de Estaciones meteorológicas a lo largo de esta cadena montañosa.

En resumen, existen en Chile todos los tipos de climas mediterráneos descritos por Emberger; falta solamente la variedad fría de los climas mediterráneos bajos, coincidiendo en esto con la situación de la zona mediterránea de Australia (Emberger, 1958 y 1959).

La presencia de todos los tipos mediterráneos hace del territorio chileno una zona de excepción para estudios bioclimáticos, vegetacionales y faunísticos sobre las características ecológicas del ambiente mediterráneo. Bajo este punto de vista, Chile podría compararse a Marruecos, cuyo estudio permitió a Emberger formular sus principios, pues también en este país existen todos los eslabones del clima mediterráneo.

Concluyendo, hemos determinado la presencia y la extensión de las distintas regiones de clima mediterráneo en Chile (desde la perárida hasta la perhúmeda). Estas se proyectan al norte hacia áreas que habían sido consideradas hasta el momento típicamente desérticas y al sur hacia territorios con fuertes influencias oceánicas. Todas estas regiones tienen una vegetación con rasgos mediterráneos muy típicos desde el punto de vista fisonómico, con particular abundancia de Mirtáceas; hacen parcial excepción los dos extremos, en que dominan respectivamente los desiertos y los bosques templados higrófilos.

También pueden reconocerse en Chile variedades mediterráneas de tipo litoral, interior y montano, que corresponden en gran parte a los tipos cálido, templado y fresco de Emberger, y que pueden detectarse incluso por la forma de los hiterógrafos.

La introducción en una segunda fase de nuestros estudios de los métodos de Giacobbe y del índice xerotérmico de Bagnouls-Gaussen no aportará probablemente grandes cambios a las conclusiones anteriores. En relación a la técnica de Giacobbe, cuya aplicación ha dado buenos resultados en Italia y en Portugal (Pina Manique, 1958), nuestra duda principal consiste en la utilización de parámetros estacionales, que juzgamos algo artificiales, sobre todo en Chile, donde según algunos autores (Almeyda y Sáez, 1958) no tendría que seguirse la subdivisión clásica en estaciones y, por ejemplo, mayo debería considerarse mes invernal. Además, no estaría suficientemente comprobada la teoría de Giacobbe sobre la influencia determinante de las lluvias de verano en el crecimiento vegetal (Calistri, 1962).

IX. RELACIONES DEL CLIMA CON EL SUELO Y LA VEGETACIÓN

La importancia dominante del clima sobre la configuración del suelo y de la vegetación de una zona determinada ha sido puesta de manifiesto desde muy antiguo. Constituye la base conceptual de la clasificación climática de los suelos, que reconoce el clima como el principal factor pedogenético. También las leyes de la respuesta climática de la vegetación hasta el establecimiento de un clímax climático obedecen a estos principios. Tipos zonales de suelos y formaciones biológicas clímax (biomas o biocoras según distintos autores) son los elementos que exteriorizan las interrelaciones del complejo clima-suelo-vegetación.

Por otra parte, los estudios del suelo y de la vegetación pueden servir para comprobar la validez y sensibilidad biológica de los índices bioclimáticos. En este sentido va la mayor parte de las observaciones de este capítulo.

Dado que estos principios han dado origen a una serie de generalizaciones excesivas e incluso erróneas, estimamos conveniente insistir sobre dos puntos:

a) Es necesario no olvidar jamás en los estudios edáficos y vegetacionales el aspecto histórico y dinámico, es decir, la evolución de los suelos y de la vegetación, que puede no corresponder a la situación climática actual.

b) Debe insistirse en la importancia de aclarar y cuantificar el efecto de las prácticas humanas sobre el estado actual de la vegetación, para no incurrir en conclusiones equivocadas en cuanto a la relación clima-vegetación.

La aseveración de que es imposible entender claramente un problema ecológico, basándose únicamente sobre factores actuales, se comprueba particularmente bien en Sudamérica; sin embargo, la mayor parte de los mapas edáficos de esta región se fundamenta casi exclusivamente sobre descripciones físico-químicas y morfológicas de los suelos, dedicando muy poca atención a su origen e historia evolutiva.

Además, es necesario considerar que las relaciones clima-suelo sólo se refieren a los terrenos zonales, pero no a los azonales y relictos. Ahora bien, en Chile son muy escasos los suelos que puedan realmente definirse como climáticos o zonales; es por esto que la aplicación sin discernimiento de índices climáticos, como base para una clasificación de los suelos chilenos, puede dar origen a resultados completamente erróneos.

Por ejemplo, según el índice de Lang, deberían encontrarse a la altura de Rancagua "terrenos salinos de las regiones áridas" y a la latitud de Curicó "suelos lateríticos"; por el contrario, se observa en ambos casos la dominancia de suelos pardos (Roberts & Diaz 1959/60). En la región de Valdivia, este índice señala "suelos negros con humus ácido", denominación que no traduce la situación real de estos terrenos con fenómenos pedogenéticos extremadamente complejos, en que es posible que existan al mismo tiempo ciertas facetas de laterización y de podsolización. Se revela así que este índice es inadecuado para resolver los problemas edáficos chilenos, a pesar de que en otras parte del mundo (en Italia, según Comel 1957) se habría evidenciado una validez satisfactoria.

Estas discordancias derivan parcialmente del hecho de que muchos suelos chilenos son relictos, habiéndose originado en épocas geológicas en que el clima era notablemente distinto al actual, por lo general más húmedo. Es evidente que los suelos pardos del Norte Chico no habrían podido evolucionar bajo las condiciones esteparias actuales ni tampoco las lateritas del sur habrían podido formarse si no hubiese existido un clima más cálido, a menos que su coloración roja no se deba exclusivamente a las cenizas volcánicas (Wright 1959/60). En cuanto a los terrenos del Norte Grande denominados "rojos de desierto", tampoco pueden coincidir con un clima tan desértico como el actual, que no permite ningún avance pedogenético; se supone que en la evolución de estos suelos rojos deben haber habido períodos climáticos con lluvias

ocasionales de verano. Destacamos de paso la importancia de estudios edáficos y estratigráficos en el Norte Grande, para dilucidar el problema de la ancianidad geológica de este desierto.

Pasando ahora al índice de Thornthwaite y a sus aplicaciones en el estudio del suelo, los resultados que pueden obtenerse no son tampoco satisfactorios, como ya lo ha demostrado el trabajo de Gajardo (1948). De acuerdo al cuadro de Thornthwaite (1931) y utilizando algunos ejemplos chilenos, en La Serena debería haber suelos grises desérticos, en Santiago suelos castaños, en Linares suelos rojos o amarillos, y en Puerto Montt suelos grises-pardos. Ninguna de estas indicaciones corresponde a la realidad.

Concluyendo, los mapas de suelos existentes en Chile están desprovistos por lo general del enfoque histórico-evolutivo que permite su mejor interpretación para un botánico o un zoólogo. Sin embargo, podemos excluir que los índices climáticos puedan representar una real ayuda de trabajo, si no es tal vez para señalar cuál debería ser la evolución climática actual de estos suelos.

De mayor aplicabilidad es el uso de los índices climáticos para el estudio de las formaciones vegetales. Nos referimos al aspecto vegetacional, ya que un estudio florístico debe apoyarse en otras consideraciones, sobre todo de tipo paleoclimático. Coincidiendo con Emberger y Giacobbe, estamos convencidos que es necesaria una clara delimitación entre vegetación y flora para definir los alcances de estas investigaciones bioclimáticas.

Por lo general, todos los índices o diagramas climáticos que hemos discutido a lo largo de este trabajo, tienen sus implicaciones en relación a la vegetación que debería corresponder a cada uno de ellos. Nos hemos circunscrito aquí a un análisis somero de los métodos de Thornthwaite, de Martonne y de Holdridge. Por lo demás, sin un conocimiento más profundizado sobre la distribución y el origen de las formaciones vegetales chilenas, no sería posible ahondar más en estos aspectos.

En cuanto al índice de Thornthwaite (1931), debemos concluir que tampoco en el aspecto vegetacional puede tener aplicación al ambiente chileno. Las únicas correspondencias vegetacionales que pueden detectarse de acuerdo a este índice, e incluso con grandes aproximaciones espaciales, son los desiertos del extremo norte y los bosques templados higrófilos del sur, formaciones cuya existencia no necesita por

cierto ser comprobada a través de índices climáticos. Por otra parte, en La Serena y Ovalle habría un desierto y en Santiago una pradera, lo que está lejos de ser realidad,

Una mayor aproximación respecto a la respuesta de la vegetación al clima muestra el índice de de Martonne, con las modificaciones propuestas por Galmarini (1961). Se consideran los siguientes límites bioclimáticos-vegetacionales: desiertos típicos, con índice de de Martonne inferior a 5; zonas marginales desérticas y estepas desérticas, con índice de 5 a 10; formaciones herbáceas, estepas y sabanas mezcladas con plantas frutescentes y árboles espinosos, con índice de 10 a 20; zonas de transición entre sabanas y bosques, con índice de 20 a 40; formaciones forestales típicas, con valores superiores a 40.

Siguiendo esta pauta, los desiertos se extenderían hasta el norte de la provincia de Coquimbo; habría estepas desérticas en Coquimbo, en la puna del Norte Grande y en Chile Chico; las estepas, los matorrales estépicos y las sabanas típicas irían desde la provincia de Aconcagua hasta el norte de O'Higgins, comprendiendo además la mayor parte de los territorios situados en la franja oriental de Chile austral; la zona de transición hacia formaciones boscosas abarcaría desde la provincia de O'Higgins hasta las de Talca y Maule, además de algunas regiones australes (Navarino, Balmaceda y Río Cisnes) y la Isla de Pascua; finalmente, las formaciones forestales se proyectarían desde la provincia de Linares hasta todo el resto del país.

Aun cuando estas subdivisiones son algo groseras, se ajustan a grandes rasgos al panorama vegetacional chileno; podrían someterse a algún perfeccionamiento, en especial para diferenciar con mayores detalles las distintas áreas forestales. También la delimitación entre desiertos y estepas de acuerdo a este índice es en gran parte valedera, mostrando fuertes coincidencias con los resultados que podrían conseguirse mediante el método clásico de Köppen (Fuenzalida 1950).

Finalmente, hemos ensayado la aplicación en Chile del método enunciado por Holdridge (1947 y 1959) y seguido ulteriormente por Tosi (1960) para determinar las formaciones vegetales en el sentido de "zonas de vida natural", utilizando simples datos anuales de temperatura media y de precipitaciones.

La base conceptual del método de Holdridge consiste en el cálculo de la evapotranspiración potencial, que según este autor podría realizarse para todas las Estaciones mundiales multiplicando la así llamada "biotemperatura" media por la

constante de 58.93; este resultado, dividido por la precipitación media anual, entregaría valores absolutos de evapotranspiración en mm.

Basándose en estos principios y construyendo triángulos que por el entrecruzamiento de líneas dividen formaciones vegetales y zonas de transición, Holdridge define para nuestro planeta un número de 100 formaciones. Este autor afirma textualmente, en un resumen de su sistema colocado como apéndice al libro de Tosi (1960), que "sería factible extender el bosquejo en cualquier dirección para incluir climas muy especiales en nuestro mundo o para los que encontraremos en los otros planetas como Marte o Venus", afirmación que no deja de ser una generalización un tanto arriesgada.

Algunos defectos del método de Holdridge son a priori el inevitable carácter estático de un esquema que sólo considera condiciones ecológicas actuales, una nomenclatura que no parece muy adecuada por lo menos en la traducción española (maleza desértica, etc.) y el hecho de presumir que con dos simples datos anuales de temperatura media y de precipitaciones puedan resumirse los efectos de los valores extremos diarios y estacionales. Por lo demás, no podemos estar convencidos de que un cálculo fidedigno de evapotranspiración pueda ser tan sencillo como lo expresa este autor y que la cifra clave de 58.93 pueda tener una aplicación tan universal.

Además, algunas de sus subdivisiones en provincias de humedad nos parecen un tanto rebuscadas, Sería difícil, en efecto, encontrar una diferenciación biológica, clara entre clima árido, perárido, superárido y disecado, o bien entre clima húmedo, perhúmedo y superhúmedo. Estos intentos de dar a la clasificación un mayor grado de exactitud formal nos parecen un tanto artificiosos, puesto que se trata siempre de meras aproximaciones convencionales.

Analizando los tipos de formaciones vegetales que deberían existir en Chile de acuerdo al índice de Holdridge, se comprueba que se mantienen a grandes rasgos las mismas zonas de división puestas en evidencia por los otros métodos bioclimáticos. Hasta el sur de Vallenar se extendería la zona de desierto, las *malezas desérticas* hasta el norte de Zapallar, las *estepas espinosas* hasta el sur de Santiago, el *bosque seco* hasta el sur de Curicó abarcando también la zona de Talca y de Cauquenes, el *bosque húmedo* desde Molina hasta el sur de Victoria y Traiguén proyectándose además en Temuco y Osorno, el *bosque muy húmedo* hasta la Isla Guafo y el *bosque pluvial más* al sur. En la franja oriental de Chile austral habría *maleza desértica* en Chile Chico y *estepa templada* fría en Cerro Guido, Puerto Bories, Punta Dungeness y Punta Arenas.

En San Isidro y la Isla Navarino el método de Holdridge señala *monte húmedo* o *muy húmedo* y en la Base Antártica Gabriel González Videla *formaciones polares*.

Las formaciones que hay realmente en Chile no corresponden siempre con mucha claridad a la nomenclatura empleada por Holdridge. Por lo demás, se puede observar también en el trabajo de Tosi (1960) sobre zonas de vida del Perú que las descripciones entregadas por este autor de las formaciones vegetales no guardan relación en algunos casos con la denominación adoptada.

Uno de los errores más evidentes en cuanto a falta de correspondencia de este método con la vegetación real, se verifica en Punta Tortuga; en este lugar costero, la formación natural es una rica estepa arbustiva, en tanto que el índice de Holdridge señala un desierto templado perárido. Esto se debe al hecho de que tampoco este método permite captar la influencia de la neblina marítima. También insistimos en el hecho de que las denominaciones de "maleza" o "monte" se prestan a confusión, por lo menos en lo que concierne al concepto que se da en Chile a estos términos.

En resumen, el método de Holdridge no parece aportar grandes antecedentes en relación a los anteriores, pero su aplicación en el ambiente chileno es factible. En este caso, sería probablemente muy útil poder incluir en las escalas de Holdridge algún dato climático que permita valorar también la humedad relativa (amplitud térmica diaria, déficit de saturación, etc.) y la neblina, elementos que en la terminología de Holdridge contribuyen a conformar los "clímax atmosféricos".

En realidad, ninguno de los principios aquí ensayados para estudiar las relaciones clima-vegetación es totalmente efectivo para la situación chilena. Los métodos de de Martonne y de Holdridge pueden ser de alguna ayuda, teniendo el primero de ellos la ventaja de una mayor sencillez en su elaboración. Para el área chilena de clima mediterráneo, las técnicas inspiradas en los conceptos de Emberger revelan el mayor grado de sensibilidad biológica para definir la respuesta bioclimática de la vegetación mediterránea en Chile.

X. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE CHILE

El problema de la clasificación climática de un país ha sido abordado con muy diferentes enfoques de tipo climatológico, meteorológico, biológico, geográfico, pedológico, etc.

En Chile han sido formuladas dos clasificaciones climáticas, según los métodos de Köppen (Fuenzalida 1950) y de Thornthwaite (Gajardo 1948). De éstas, la más satisfactoria es sin duda la de Köppen a pesar de su carácter un tanto estático. El ensayo de clasificación según Thornthwaite, realizado por Gajardo, ha tenido como principal resultado el de comprobar la escasa adaptabilidad de este método al ambiente chileno, conclusión por lo demás ampliamente confirmada en nuestro estudio.

En el cuadro 7 hemos tabulado para cada Estación las siglas que definen su posición climática siguiendo las clasificaciones de Köppen y de Thornthwaite. Los datos según Köppen se recopilaron integralmente del trabajo de Fuenzalida (1950). Las siglas de acuerdo a Thornthwaite han sido determinadas por nosotros, apareciendo los resultados de los cálculos en los cuadros 3 y 5; no hay sino leves diferencias con las siglas establecidas por Gajardo (1948). Estimamos innecesario entrar en ulteriores consideraciones sobre estos dos métodos de clasificación, ampliamente conocidos por los climatólogos.

En una publicación más reciente (Almeyda & Sáez 1958) aparece una clasificación de carácter climático-vegetacional, que ha sido considerada para las planificaciones agropecuarias del país. Los límites de las siete zonas bioclimáticas que estos autores determinen (zonas de desierto, de estepas cálidas, de matorrales, de parques, de bosques, de estepas frías y de praderas) coinciden en gran parte con aquellos indicados en nuestro trabajo.

En los capítulos anteriores hemos discutido brevemente la validez de las clasificaciones propuestas por Gaussen y Walter, como también algunos principios de Emberger y de Giacobbe. No se ha podido completar el análisis de las bases de clasificación según este último autor, que se fundamentan en los tres índices señalados en los trabajos más recientes (Giacobbe 1958, 1959 y 1964), vale decir, el índice térmico invernal, el índice hídrico estival y el coeficiente mediterráneo.

El bosquejo bioclimático de Chile que se presenta aquí, es simplemente un primer ensayo de síntesis que deberá modificarse en mayor o menor grado a medida que avancen en Chile los estudios bioclimáticos y sobre todo fitogeográficos. Nos referimos particularmente a estos últimos, ya que el mejor modo de detectar transiciones bioclimáticas es a través del estudio de la dinámica de la vegetación.

CUADRO N° 7

CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS CHILENAS DE ACUERDO A LOS SISTEMAS DE THORNTHWAITTE (1931) Y DE KOEPPEN (Fuenzalida 1950)

Classification of Chilean meteorological stations according to the systems of Thornthwaite and Köppen

Nº	ESTACION	Thornthwaite	Köppen
1.	ARICA	EB'da	BWn
2.	IQUIQUE	EB'da	BWn
3.	LOS CONDORES	EB'da	BWn
4.	CANCHONES	EB'da	BWt
5.	COLONIA PINTADOS	EB'da	BWt
6.	COLLAHUASI	F'	BSH
7.	OLLAGÜE	EC'db	BSH
8.	CHUQUICAMATA	EC'da	BWt
9.	CALAMA	EB'da	BWt
10.	SAN PEDRO DE ATACAMA	EB'da	BWH
11.	CERRO MORENO	EB'da	BWn
12.	CACHINAL	EC'db	BWt
13.	REFRESCO	EB'da	BWt
14.	TALTAL	EB'da	BWn
15.	CHAÑARAL	EB'da	BWn
16.	POTRERILLOS	EC'da	BWH
17.	CALDERA	EB'da	BWn
18.	ISLA DE PASCUA	BB'ra	Cfa
19.	COPIAPO	EB'da	BWw
20.	VALLENAR	EB'da	BWw
21.	LA SERENA	EB'da	BSn
22.	PUNTA TORTUGA	EB'da	BSn
23.	VICUÑA	EB'da	BSt
24.	OVALLE	EB'da	BSn
25.	ZAPALLAR	DB'sa	Csb ₁
26.	BAÑOS DE JAHUEL	DB'da	BSt
27.	QUINTERO	DB'sa	Csb ₁
28.	LLAY LLAY	DB'sa	Csb ₁
29.	LOS ANDES	DB'db	BSt
30.	JUNCAL	DC'sb	EFH
31.	QUILLOTA	CB'sa	Csb ₁
32.	PUNTA ANGELES	CB'sa	Csb ₁
33.	EL BELLOTO	DB'sa	Csb ₁
34.	QUILPUE	CB'sa	Csb ₁
35.	PEÑABLANCA	DB'sa	Csb ₁
36.	COLINA	DB'db	BSt
37.	MAITEN REDONDO	BB'sb	EFH
38.	SANTIAGO	DB'sb	Csb ₁
39.	LOS CERRILLOS	DB'db	Csb ₁
40.	SAN ANTONIO	CB'sa	Csb ₁
41.	LO ESPEJO	CB'sb	Csb ₁
42.	EL BOSQUE	DB'sb	Csb ₁
43.	ISLA JUAN FERNANDEZ	BB'ra	Csb
44.	SAN JOSE DE MAIPO	CB'sb	Csb ₁
45.	SEWELL	BC'sb	Csb ₁
46.	RANCAGUA	CB'sb	Csb ₁
47.	RENGO	CB'sb	Csb ₁
48.	SAN FERNANDO	BB'sb	Csb ₁
49.	CURICO	BB'sb	Csb ₁
50.	MOLINA	BB'sb	Csb ₁

(Continuación cuadro Nº 7)

Nº	ESTACION	Thornthwaite	Köppen
51.	CONSTITUCION	BB'sa	Csb ₁
52.	TALCA	CB'sb	Csb ₁
53.	PUNTA CARRANZA	BB'sa	Csb ₂
54.	PANIMAVIDA	BB'sb	Csb ₂
55.	LINARES	BB'sb	Csb ₂
56.	CAUQUENES	CB'sb	Csb ₂
57.	CHILLAN	BB'sb	Csb ₂
58.	PUNTA TUMBES	BB'sa	Csb ₂
59.	TALCAHUANO	BB'sa	Csb ₂
60.	CONCEPCION	BB'sa	Csb ₂
61.	ISLA SANTA MARIA	BB'sa	Csb ₂
62.	PUNTA LAVAPIE	CB'ra	Csb ₂
63.	LOS ANGELES	BB'sb	Csb ₁
64.	LEBU	BB'sa	Csb ₁
65.	ANGOL	BB'sb	Csb ₂
66.	CONTULMO	AB'sa	Csb ₁
67.	VICTORIA	BB'sb	Csb ₃
68.	TRAIGUEN	BB'sb	Csb ₃
69.	ISLA MOCHA W	BB'ra	Csb ₃
70.	ISLA MOCHA E	BB'sa	Csb ₃
71.	CULLINCO	AC'rb	Csb ₃
72.	LONQUIMAY	AC'sb	Csb ₃
73.	TEMUCO	AB'ra	Csb ₃
74.	PUERTO DOMINGUEZ	AC'ra	Csb ₃
75.	LONCOCHE	AB'sb	Cfsb
76.	VALDIVIA	AB,ra	Cfsb
77.	PUNTA GALERA	AC'ra	Cfsb
78.	RIO BUENO	BC'rb	Csb ₃
79.	OSORNO	BB'rb	Csb ₃
80.	FRUTILLAR	AC'ra	Cfsb
81.	PUERTO MONTT	AC'ra	Cfsb
82.	MAULLIN	AC'ra	Cfsb
83.	PUNTA CORONA	AC'ra	Cfb
84.	PUDETO	AC'ra	Cfb
85.	MORRO LOBOS	AC'ra	Cfb
86.	CASTRO	AC'rb	Cfb
87.	QUELLON	AC'ra	Cfb
88.	FUTALEUFU	AC'rb	Cfb
89.	ISLA GUAFO	AC'ra	Cfb
90.	MELINKA	AC'ra	Cfb
91.	RIO CISNES	BC'sb	BSk
92.	PUERTO AYSEN	AC'rb	Cfb
93.	COYHAIQUE	BC'rb	BSk
94.	BALMACEDA	BC'rb	BSk
95.	CHILE CHICO	EC'db	BSk
96.	CABO RAPER	AC'ra	Cfc
97.	SAN PEDRO	AC'ra	Cfc
98.	PUERTO EDEN	AC'rb	Cfc
99.	CERRO GUIDO	DC'db	BSk
100.	PUERTO BORIES	DC'db	BSk
101.	EVANGELISTAS	AC'ra	ETi
102.	PUNTA DUNGENESS	DC'db	BSk
103.	PUNTA ARENAS	CC'db	BSk
104.	SAN ISIDRO	BC'rb	ETi
105.	RIO DOUGLAS	D'	ET
106.	NAVARINO	D'	ET
107.	BASE ANTARTICA "G. G. V."	F'	EF

Por el momento, nos parece de importancia destacar algunos límites bioclimáticos y biogeográficos, que constituyen zonas "críticas" en el territorio chileno. Los enumeramos de norte a sur: región de Paposo-Taltal, Río Salado, zona del Tofo y Portezuelo de Buenos Aires al norte de La Serena, Los Vilos, región de Baños de Jahuel-Los Andes, Rancagua-Rengo, Linares-Chillán Victoria-Traiguén, Río Toltén y Loncoche, Isla Guafo-Melinka. En estas regiones, como también en las zonas enclavadas en áreas de otra tendencia bioclimática dominante (Talca-Cauquenes, Angol, Río Bueno-Osorno, etc.), deberían desarrollarse en el futuro estudios bioclimáticos y ecológicos a una escala más pequeña.

Para elaborar nuestro bosquejo bioclimático se han tenido presentes las principales consideraciones enunciadas en el curso de este trabajo, resultando de esta forma un verdadero esquema conclusivo. Las pautas seguidas se ciñen en mayor medida a las propuestas por Emberger (1955 b) y a los conceptos de Dansereau (1957) sobre la interacción de tendencias climáticas.

Antes de entrar a una somera explicación de esta clasificación bioclimática, estimamos conveniente hacer algunos alcances:

1. Esta clasificación se proyecta esencialmente hacia fines ecológicos y biogeográficos; de ninguna manera nos parece la más adecuada para planteamientos meteorológicos o climatológicos puros.

2. Antes que denominaciones y límites estáticos, hemos preferido referirnos a grandes "influencias" o "tendencias" climáticas, que reflejan los ritmos estacionales y las posibilidades de desplazamientos de un tipo climático a otro en las zonas de transición, de acuerdo a las condiciones climáticas dominantes en un período determinado. Nos interesa especialmente poner en evidencia el juego cambiante de las interacciones entre las distintas tendencias.

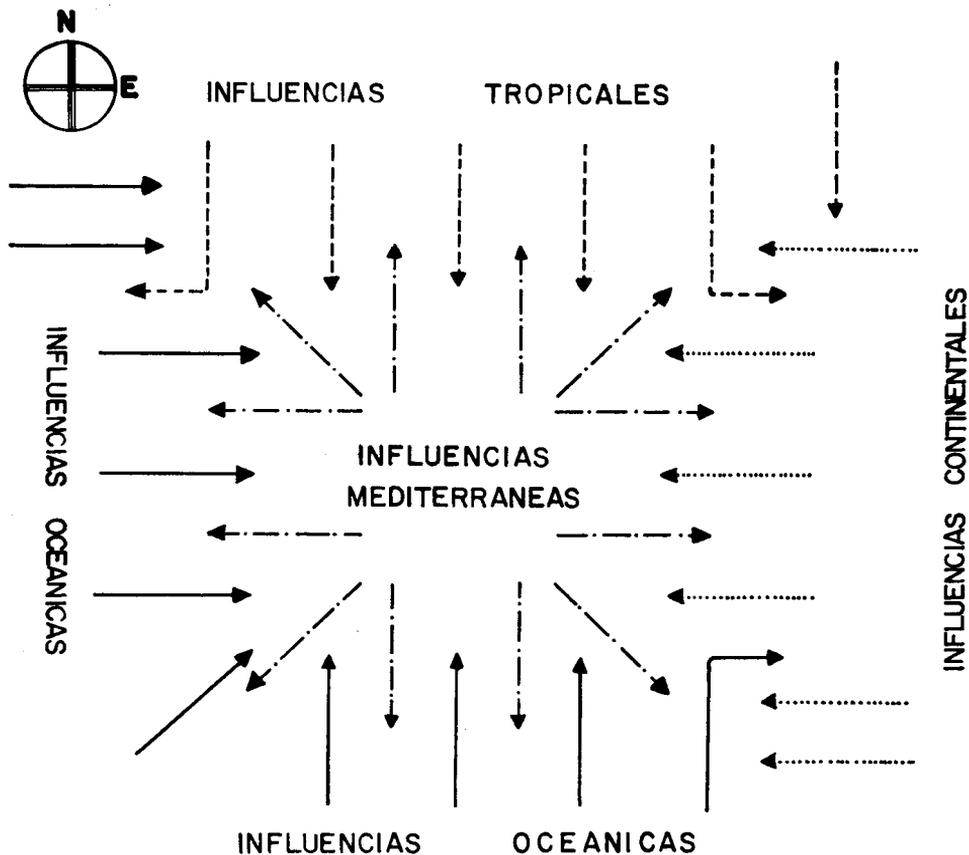
3. Una división bioclimática por "tendencias" es también de importancia agropecuaria, pues la posibilidad de adaptación de nuevas especies o razas coincide mucho más con un gran tipo bioclimático, que con valores termoplumiométricos aislados.

4. Hemos querido que esta clasificación sea lo suficientemente laxa como para no enmascarar el ritmo de las oscilaciones paleoclimáticas, verdaderas "pulsaciones" del clima, de las cuales la fisonomía actual de la vegetación no es sino una resultante. En

otras palabras, es necesario tener presente que los límites biogeográficos actuales son fluctuantes y que las tendencias climáticas que se sucedieron en un lugar determinado durante las distintas eras geológicas dejaron un sello reconocible en la exteriorización biológica de flora y fauna, como también en el tipo de suelo. Insistimos sobre el conocimiento de los movimientos cliserales (Dansereau 1957), es decir, de los deslizamientos zonales de las formaciones vegetales en consonancia con los cambios paleoclimáticos, para poder llegar a una verdadera comprensión biogeográfica de un territorio.

5. Se han considerado en este trabajo, para configurar el panorama bioclimático chileno, cuatro grandes tendencias bioclimáticas: tropical, mediterránea, oceánica y continental. Hemos preferido englobar la otra gran tendencia del clima chileno, la desértica, dentro de la esfera de influencia tropical y en menor medida de la mediterránea, por las siguientes razones: muchos territorios desérticos corresponden a una degeneración del clima tropical, conservándose su máximo estival de precipitaciones, de la misma manera que otros territorios son degeneraciones en desierto de climas mediterráneos con máximo invernal de las lluvias; el desierto chileno tiene clara dependencia del clima tropical, como lo revelan también los suelos rojos que deben haberse generado en un período más húmedo que el actual; finalmente, la penetración hacia el sur de la tendencia bioclimática desértica lleva aparejada siempre la introducción de elementos neotropicales, en forma análoga a como la penetración hacia el norte de tendencias oceánicas se ve acompañada por la introducción de elementos biogeográficos australes (paleantárticos). En este sentido, nuestra clasificación permite destacar los puntos de contacto entre los factores bioclimáticos y los biogeográficos.

6. La particular estructura fisiográfica del país con las dos cadenas montañosas extendidas de norte a sur (Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes), ambas de ancianidad geológica superior a la zona interior del país, especialmente en el caso de la Cordillera de la Costa (Brüggen 1950), obliga a considerar también el efecto de influencias laterales. Estas se sobreponen a las dos influencias principales ya mencionadas, que provienen desde el norte y desde el sur. El juego de interrelaciones de tendencias climáticas está esquematizado en la Fig. 47; tomando como centro la tendencia mediterránea, se muestra aquí la penetración de tendencias tropicales y desérticas desde el norte, de tendencias oceánicas desde el sur y desde el oeste, y de tendencias continentales desde el este.



- INFLUENCIAS TROPICALES
- INFLUENCIAS CONTINENTALES
- INFLUENCIAS OCEANICAS
- · - · - INFLUENCIAS MEDITERRANEAS

FIG. 47. JUEGO DE INTERRELACIONES DE TENDENCIAS CLIMATICAS EN CHILE.
PLAY OF INTERRELATIONS OF CLIMATIC TRENDS IN CHILE.

Entregamos a continuación (Fig. 48) el bosquejo que consigna las principales zonas bioclimáticas de Chile. Como ya se ha señalado, no se trata de divisiones estáticas, sino de áreas en que una tendencia domina sobre las otras. Las distintas regiones no están representadas a escala en la Fig. 47 y tampoco corresponden a latitudes perfectamente definidas. El rectángulo alargado de la Fig. 48 esquematiza el territorio chileno de mar a cordillera y las dos zonas redondeadas en los extremos superior e inferior derecho simbolizan las regiones transcordilleranas.

I. ZONA: *Tendencia tropical*. Se ha incluido en esta zona el territorio chileno desde el extremo norte hasta más al sur del paralelo 25; es probable que el tipo tropical de altura penetre hacia regiones aun más meridionales, confundiéndose con un tipo continental de altura, en ambos casos con período de máxima actividad biológica en verano.

Esta zona de tendencia tropical puede a su vez subdividirse en tres regiones longitudinales. La primera, muy angosta y a lo largo de la costa, con ciertas influencias oceánicas y aun mediterráneas, dado que las lluvias escasísimas son algo más frecuentes en invierno; esta primera región es considerada por de Martonne (1957) como desierto oceánico, mientras que según Koeppel y de Long (1958) podría ser asimilada a un clima desértico tropical. La segunda región es de desierto interior, con características de aridez aún más acentuadas que en el caso anterior; la parte occidental de esta región recibe todavía algunas influencias oceánicas por la penetración de la neblina mojadora (camanchaca) desde la costa; la parte oriental es un desierto marginal de altura, que debe considerarse como una verdadera degradación de un clima tropical, pues las lluvias accidentales tienden a ocurrir en verano; las áreas relativamente más lluviosas, como por ejemplo San Pedro de Atacama, podrían ser definidas, de acuerdo a Koeppel y de Long, como de clima semiárido tropical. Finalmente en la tercera región, que comprende sobre todo las mesetas de altura (puna), la tendencia tropical se presenta inequívocamente con precipitaciones regulares en el período cálido, llamado "invierno boliviano"; las lluvias van aumentando de intensidad hacia el norte y hacia el este, volviéndose progresivamente menores y más irregulares hacia el sur; de acuerdo a los distintos autores, este clima podría definirse también tropical-continental, tropical de montaña o "tierra fría".

Podría extrañar esta reducción espacial del área norte del país como unidad bioclimática y sobre todo el hecho de que la zona realmente desértica se vea tan restringida en relación a la extensión que se le otorga clásicamente. En realidad, de acuerdo a los principios de Emberger, la parte oriental de las provincias de Tarapacá y

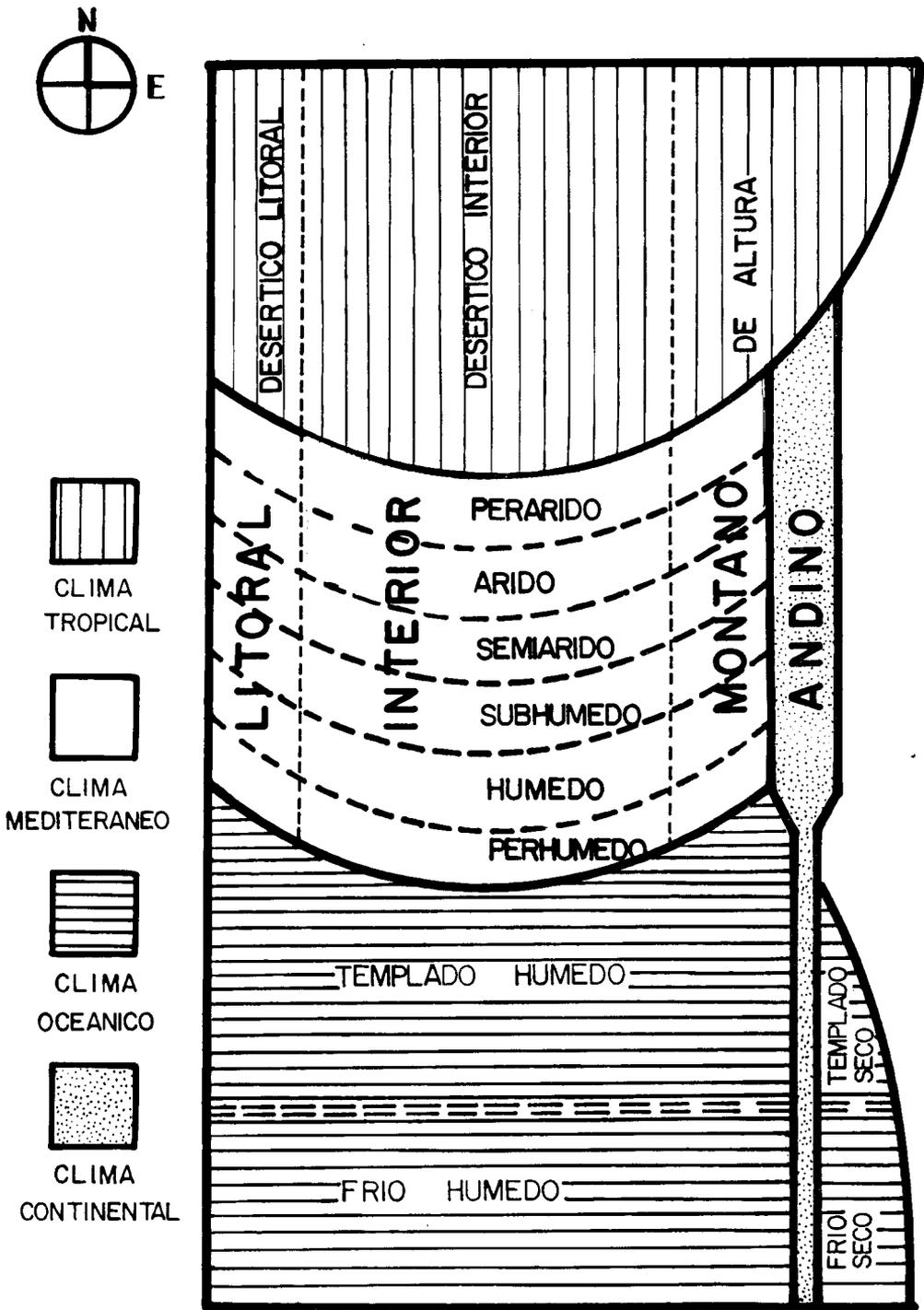


FIG. 48

FIG. 48. ESQUEMA DE CLASIFICACION BIOCLIMATICA DE CHILE.
 OUTLINE OF A BIOCLIMATIC CLASSIFICATION OF CHILE.

Antofagasta debe considerarse como una degradación de un clima tropical, así como casi toda la provincia de Atacama es una degradación de un clima mediterráneo.

Efectivamente, existe en el norte de Chile una amplia región de desierto verdadero, sensu Emberger, pero hemos preferido incluirla por el momento dentro de la zona de tendencia tropical, en parte por consideraciones relativas a la evolución pedogenética de algunos suelos, en parte por razones biogeográficas, y también por cierta comodidad de englobar convencionalmente todo el Norte Grande de Chile bajo un único rasgo bioclimático.

Hacia el sur, la zona de tendencia tropical delimita con los territorios de influencia mediterránea, presentándose una amplia área transicional en que las dos tendencias se compenetran mutuamente.

II ZONA: *Tendencia mediterránea*. Desde los límites inferiores de la zona anterior, el territorio chileno de clima mediterráneo se extiende hasta aproximadamente el paralelo 39 (Río Toltén) o un poco más al sur, proyectándose sucesivamente en algunas áreas de Río Bueno y Osorno. Un análisis detallado de esta zona, subdividida según los principios de Emberger, ha sido efectuado en el capítulo correspondiente. Sólo recordaremos que existen en Chile, desde el punto de vista hídrico, regiones mediterráneas de tipo perárido, árido, semiárido, subhúmedo, húmedo y perhúmedo con áreas transicionales en cada una de ellas. El tipo mediterráneo perhúmedo delimita al sur con la zona de tendencia oceánica, con amplia interpenetración.

También hemos discutido con anterioridad la otra clasificación de la zona mediterránea chilena, de acuerdo a criterios más bien térmicos, en tres franjas longitudinales de mar a cordillera: clima mediterráneo marítimo con ciertas influencias oceánicas, clima mediterráneo interior y clima mediterráneo montano en la zona precordillerana y en la misma cordillera de los Andes hasta una altitud difícil de delimitar, pero fluctuante entre 2.000 y 3.000 metros.

Las diferencias entre el tipo marítimo y el interior son especialmente evidentes en las regiones en que la cordillera de la costa presenta relieves bien desarrollados, situación más frecuente en correspondencia a los tipos semiárido, subhúmedo y húmedo, es decir, a la clásica zona central de Chile. La cordillera de la costa, obstaculizando la propagación hacia el interior de las influencias marinas mediante una acción de pantalla, delimita un lado occidental húmedo y con fluctuaciones térmicas muy pequeñas, de un

lado oriental más seco y con ciertas influencias térmicas continentales. Esto se refleja muy claramente en la vegetación.

Todo el territorio ocupado actualmente por la zona mediterránea chilena es de tipo "anisoclimático", es decir, ha tenido fluctuaciones paleoclimáticas con regímenes de tipo tropical, oceánico y mediterráneo, que se expresan ahora por la estratificación de los suelos y por la persistencia de una verdadera constelación de formaciones relictas. Los relictos australes, exteriorizados en la vegetación por la presencia de *Nothofagus* y de otras especies arbóreas de distribución actual valdiviana, son particularmente frecuentes en lo que concierne a la fauna del suelo; su persistencia se ve favorecida por las fuertes influencias oceánicas en el área costera o más a menudo por razones edáficas.

III ZONA: *Tendencia oceánica*. Se extiende desde los límites sur de la zona mediterránea hasta el extremo meridional del país; comprende al mismo tiempo áreas húmedas, e incluso extremadamente húmedas, y territorios áridos cuya exteriorización biológica puede llegar hasta el semidesierto. Por lo tanto, una primera subdivisión de la zona oceánica, de acuerdo al grado de aridez, podría ser en una región occidental húmeda y en una región oriental (casi totalmente transandina) árida.

En la región húmeda pueden diferenciarse tres sectores, definidos por el descenso progresivo de la temperatura hacia el sur. Desde el límite norte de la zona oceánica hasta aproximadamente el paralelo 44, vale decir, la provincia de Chiloé, el clima sigue templado; incluso el régimen pluviométrico es en gran parte de tipo mediterráneo con máximos de lluvias en invierno, pero con ausencias de período seco estival. Más al sur se extiende hasta aproximadamente el paralelo 52 el sector templado frío, seguido hasta el extremo meridional por el sector frío con clima de tundra isotérmica, en que el factor limitante, además del frío, está representado por los vientos muy intensos.

Puede sorprender el hecho de que hayamos incluido la franja oriental árida de Chile austral dentro de una zona de tendencia oceánica; de acuerdo a algunas clasificaciones, la Patagonia tendría un clima semiárido continental. Sin embargo, no existen en esta región condiciones continentales netas, puesto que las fluctuaciones térmicas no son elevadas y las precipitaciones están repartidas bastante uniformemente a lo largo de todo el año; además, la regularidad de los vientos desde el oeste, la escasa anchura del continente en la parte meridional y la baja altura de la cordillera, permiten la penetración de las influencias oceánicas hasta el área transandina.

De acuerdo a Emberger (1955b), la definición del tipo oceánico no excluye la existencia de un período seco, ya que la condición más importante de este clima es la uniforme repartición de la lluvia en todos los meses. Esto se cumple en casi toda la zona árida del sur de Chile, pues su régimen pluviométrico no difiere fundamentalmente de aquél de la zona occidental, salvo en el hecho de una menor cantidad de precipitaciones por la retención de humedad por parte de la cadena cordillerana. Es así como, a medida que la altitud de la cordillera disminuye, las influencias oceánicas se propagan más fácilmente hacia el interior; en Punta Arenas, por ejemplo, no se registra ningún mes seco, constituyendo ésta un área de transición entre zonas estépicas y forestales.

El examen de algunos hiterógrafos de las Estaciones de la franja oriental muestra cierta "verticalización", que podría exteriorizar influencias continentales; sin embargo, consideramos éstas muy inferiores a las oceánicas.

La región árida oriental podría subdividirse también en dos sectores de acuerdo a una diferenciación térmica; el límite demarcatorio estaría a la altura del paralelo 51.

Como una condición extrema del tipo climático de la franja oriental de Chile austral se podría mencionar al de la Base Antártica Gabriel González Videla; su clima, de acuerdo a Emberger, se define como polar de fotoperiodismo biestacional.

Dentro del clima oceánico podría incluirse la Isla de Pascua, para la cual deben admitirse también ciertas influencias tropicales. Es la única Estación del territorio chileno (pero su ubicación geográfica es polinésica y no sudamericana) que se acerca al tipo elimático A de Köppen. En todo caso, en esta isla el principal factor limitante no es climático sino edáfico, dependiendo de la elevada porosidad del suelo de origen volcánico.

IV ZONA: *Tendencia continental*. Si entendemos como característica de un clima continental la existencia de un fuerte rango de temperatura y la concentración de las lluvias en verano, su presencia real en Chile es sin duda hipotética. Es posible que en algunas zonas de la alta cordillera, fuera de la zona tropical de altura ya discutida, las precipitaciones sean más abundantes en verano. Es más probable, sin embargo, que en las cumbres cordilleranas correspondientes al Norte Chico y a la Zona Central el régimen pluviométrico sea de tipo mediterráneo, mientras que más al sur se volvería de tipo oceánico. Las escasas Estaciones meteorológicas que existen en la región andina confirmarían más bien esta última suposición.

A pesar de estos antecedentes, creemos sería justificable la creación de una zona de tendencia continental, siempre que se estipule claramente el sentido que se le otorga a este último término. Nos referimos en este trabajo como "biológicamente continental" a todo territorio extratropical que presenta fluctuaciones térmicas relativamente elevadas y un período de mayor actividad biológica en verano, independientemente del régimen pluviométrico. Es el caso de la mayor parte de la cordillera de los Andes central y meridional, a partir de los 2.500-3.000 metros de altitud y aún menos en las regiones más al sur. Es posible que, en este sentido, existan pequeños sectores biológicamente continentales también en la franja transandina de Chile austral.

RESUMENES

BIOCLIMATOLOGIA DE CHILE (Resumen)

En esta monografía se presentan los principales resultados de algunos años de investigaciones sobre problemas bioclimáticos en Chile. A pesar del carácter preliminar de la mayoría de las conclusiones, se ha tratado de entregar una primera visión sintética que sirva de introducción y base a las futuras líneas de trabajo sobre estos temas.

Los datos utilizados han sido obtenidos por recopilación directa de los registros de la Oficina Meteorológica de Chile en Santiago. En total, se han conseguido antecedentes de 107 Estaciones meteorológicas chilenas (Cuadro 1 y Fig. 1), de las cuales 81 se consideran como principales por poseer datos mensuales completos (temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, humedad relativa y precipitaciones) correspondientes a un lapso igual o superior a 7 años, 11 como accesorias (datos completos, pero durante un período inferior a 7 años para uno o más elementos) y 15 como incompletas, faltando en éstas últimas algunos antecedentes, por lo general de humedad relativa.

Para poner a prueba la validez de las conclusiones, estos datos han sido completados y confrontados con observaciones de campo sobre la vegetación natural y con los resultados de prospecciones faunísticas a lo largo del territorio nacional, en especial referentes a la fauna del suelo, que contiene elementos de gran valor biogeográfico.

Los principales aspectos analizados en esta monografía son los siguientes:

- Representación climatográfica.
- Aridez.
- Actividad (o potencialidad) vegetativa.
- Período desfavorable.
- Continentalismo.
- Clima mediterráneo
- Relaciones con el suelo y la vegetación.
- Bosquejo de clasificación bioclimática de Chile.

Representación climatográfica.

Para la representación gráfica de pares climáticos en coordenadas cartesianas, se han empleado sistemas con escala en una ordenada y sistemas con dos ejes de ordenadas.

Dentro del primer grupo, han sido utilizados los hiterógrafos (Fig. 2) que consideran temperaturas medias y precipitaciones, y los climógrafos (Fig. 3) que se construyen con datos de temperatura media y humedad relativa. Mediante la conjunción de ambos gráficos se han caracterizado climáticamente todas las provincias chilenas (Figs. 6 a 30), además de las principales islas (Figs. 32 a 36) y de la Antártida chilena (Fig. 31). La combinación de hiterógrafos y climógrafos permite obtener gráficos de fácil interpretación, que evidencian con claridad la tendencia climática dominante a través del ritmo estacional de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones. Son útiles para establecer zonas homoclimáticas e incluso para fines docentes, debido a su sencillez. Su aplicabilidad podría ser aumentada aún más, al introducirse delimitaciones de meses áridos y fríos (Figs. 4 y 5).

En cuanto a las representaciones gráficas con escalas en dos ejes de ordenadas y en la abscisa, han sido analizados en relación a las estaciones chilenas el diagrama ombrotérmico de Gaussen, el diagrama climático de Walter (que es una simple modificación del anterior) y el ábaco hidrotérmico (Fig. 37). En general, comparativamente a los hiterógrafos y climógrafos, estos sistemas tienen la clara ventaja de permitir una fácil estimación global del período de aridez, a pesar de que esta apreciación no siempre se ajusta con exactitud a la situación chilena. Los datos correspondientes a cada mes, además, pueden identificarse con mayor facilidad. Sin embargo, las grandes tendencias climáticas parecen desprenderse menos claramente con estos métodos.

El diagrama de Gaussen resulta más sencillo, el de Walter de mejor representabilidad por ser sus dimensiones más estables, mientras el ábaco hidrotérmico demuestra una mayor sensibilidad para detectar la aridez y además otorga una visión inmediata del período de actividad vegetativa.

Para facilitar la interpretación de las características climáticas de Chile de acuerdo a estos diagramas, se han considerado convencionalmente 10 secciones transversales, de norte a sur, trazando para cada una de ellas gráficos correspondientes a Estaciones situadas de oeste a este (desde la costa hacia el interior). Se han utilizado para esto los diagramas de Gaussen, según la modificación de Walter (Fig. 38). Los sistemas de clasificación climática de Gaussen y de Walter no demuestran una validez completa en

relación al ambiente chileno, pero algunas de sus líneas de demarcación se ajustan perfectamente a las condiciones biológicas de este país.

Aridez.

Para evaluar la aridez tomando en consideración datos climáticos, se han calculado índices anuales, que dan una estimación de la intensidad global de este fenómeno, e índices mensuales que en conjunto señalan la duración del período de aridez; este resultado se consigue también mediante el trazado de algunos diagramas climáticos. Los valores mensuales, a nuestro entender, entregan antecedentes de mayor importancia biológica y aplicada.

Para el cálculo de los índices anuales se utilizan las medias anuales de temperatura y de precipitaciones, o bien, en algunos casos, la suma de los análisis parciales de todos los meses. Con el fin de apreciar la intensidad de la aridez en las diversas regiones de Chile, se han aplicado los métodos de Lang, de de Martonne, Emberger, Thornthwaite y Holdridge, estos dos últimos basados en una estimación de la evapotranspiración potencial. Los datos correspondientes aparecen en los Cuadros 2 y 3. Existe una gran coincidencia entre todos estos métodos para determinar que el área de transición entre climas semiáridos y subhúmedos se ubica en una franja que va desde el sur de Santiago al sur de Rancagua. De estos índices, el más adecuado a las condiciones chilenas es el coeficiente de Emberger, sobre todo para la delimitación de distintos grados de aridez en el área de clima mediterráneo. En cuanto al índice de Thornthwaite, la cantidad de cálculos necesaria para su obtención no guarda relación con la exigüidad de los resultados.

La duración del período de aridez para las Estaciones meteorológicas analizadas se ha deducido del diagrama ombrotérmico de Gaussen y del ábaco hidrotérmico (Fig. 39). Este último aparece constantemente más sensible para detectar la aridez. Sin embargo, ninguno de los dos se ajusta satisfactoriamente a la realidad biológica chilena, por la imposibilidad de captar la influencia de la humedad relativa, factor determinante en Chile, sobre todo en la zona costera.

Con la misma finalidad, se han trazado también diagramas de aridez basados en el índice mensual de de Martonne y en el de Giacobbe (analizado mensualmente en esta oportunidad). Estos diagramas consignan para el territorio chileno las características temporales (de enero a diciembre) y espaciales (de norte a sur) de la aridez (Figs. 40 y 41). El índice de Giacobbe es más conveniente para Chile, sobre todo por el hecho de que, al considerar en su fórmula la excursión térmica, pondera también en forma

indirecta la humedad relativa. El índice (de de Martonne no puede captar la disminución de la aridez que se verifica hacia la costa por el aumento de la humedad.

De acuerdo a estos resultados, se reconocen en Chile 12 zonas delimitadas en relación a su grado de aridez. Esta subdivisión concuerda sólo parcialmente con la de Lauer, basada en las isohigromenas, o la de Gaussen, que utilizó el índice xerotérmico, en parte por diferir las bases conceptuales, pero más aún por haber contado dichos autores con un número reducido de Estaciones meteorológicas, lo que hizo menos precisa la demarcación de zonas. No existen sino leves similitudes entre los datos de esta monografía y los de Almeyda, que considera áridos los meses con precipitaciones inferiores a 30 mm.

Un índice de aridez realmente adecuado a las condiciones chilenas debería aportar antecedentes no sólo sobre la duración e intensidad de la aridez, sino también sobre su variabilidad. En su fórmula deberían incluirse datos de extremos técnicos, de intensidad y variabilidad de las precipitaciones y posiblemente de humedad relativa y rocío, estos dos últimos de gran importancia en zonas costeras y desérticas.

Actividad vegetativa.

En el sentido de este término, el control de la vegetación está representado sólo por el frío. Por lo tanto, debería definirse más propiamente potencialidad vegetativa, ya que esta posibilidad de desarrollo está condicionada por la no existencia del factor limitante de la aridez.

La limitación por el frío es en Chile menos importante que aquella por la aridez. Además, el territorio chileno es mucho más homogéneo bajo el aspecto térmico. Los datos se consignan en los Cuadros 4 y 5. Tampoco los índices térmicos de Thornthwaite proporcionan una buena base para la diferenciación climática de las provincias de Chile.

Para representar en forma espacial y temporal la intensidad del frío como factor limitante, se han establecido dos escalas convencionales de temperaturas medias mensuales, una en tres rangos (Fig. 42) y la otra en cinco rangos (Fig.43). Estos gráficos están destinados a ser confrontados con los homólogos diagramas de aridez.

Período desfavorable.

La acción conjunta de los dos principales factores limitantes, aridez y frío puede sintetizarse a través de la duración en meses del período climáticamente desfavorable,

en particular respecto al crecimiento de las plantas. La necesidad de considerar en conjunto estos dos factores es especialmente evidente en Chile, donde la evolución de ellos muestra un opuesto gradiente de intensidad: en general, la aridez decrece de Norte a Sur, el frío de Sur a Norte.

Las Figuras 44 y 45, que resultan de la superposición de la Figura 40 (diagrama de aridez) con la 42 (frío) y de la 41 (aridez) con la 43 (frío), respectivamente, presentan la extensión temporal y espacial del período desfavorable en Chile. Desde este punto de vista, la zona más favorable del país es la centro-sur, comprendida aproximadamente entre los paralelos 38 y 42 sur.

Hay una estrecha correspondencia entre la distribución de las formaciones vegetales y el número de meses desfavorables, lo que hace presumir que este concepto posea una manifiesta validez biológica.

Continentalismo.

Se han calculado los índices de continentalidad hídrica de Gams y de fertilidad térmica o continentalismo (Cuadro 6), además de la excursión térmica anual. Faltan en Chile regiones propiamente continentales desde el punto de vista climático, lo que no puede extrañar considerando la situación geográfica de su territorio.

Existe cierto grado de continentalismo en la cordillera de los Andes y en algunas áreas del valle longitudinal, situadas al este de una cordillera de la costa bien desarrollada que intercepta las influencias marinas.

De acuerdo a la amplitud térmica extrema media, el clima de la mayor parte del territorio chileno es de tipo litoral. Numerosas localidades costeras manifiestan incluso características "insulares", ya que el efecto de la corriente de Humboldt asegura condiciones térmicas particularmente constantes.

Clima mediterráneo.

La delimitación en Chile del área de clima mediterráneo y la sucesiva división en subzonas realizadas en este trabajo, se han ceñido sobre todo a los principios de Emberger. En particular, se ha calculado su coeficiente pluviotérmico, utilizando sólo como complemento un índice de aridez estival de Giacobbe. Las bases conceptuales de estos índices parecen muy pertinentes a la situación chilena.

De acuerdo a la clasificación de Emberger, ligeramente modificada, hay en Chile bioclimas mediterráneos de tipo perárido, árido, semiárido, subhúmedo, húmedo y perhúmedo (Fig. 46), representados por diversas variedades (fría, fresca, templada y cálida) en referencia a la temperatura mínima media del mes más frío.

Debido especialmente a las condiciones fisiográficas del área mediterránea chilena, sería oportuno distinguir fundamentalmente tres tipos bioclimáticos mediterráneos: litoral, interior y montano (subandino). La existencia de un tipo mediterráneo propiamente andino es muy discutible, puesto que, aun cuando los cerros correspondientes a esta área estén sometidos por lo general a un régimen pluviométrico mediterráneo, el período de actividad biológica prevalentemente estival acentúa las similitudes con el bioclima continental.

Relaciones con el suelo y la vegetación.

Se quiso probar la efectividad de, algunas fórmulas climáticas como complemento de las clasificaciones del suelo y de la vegetación.

En relación a los suelos chilenos, el índice de Lang y aún más el método de Thornthwaite se han revelado absolutamente inadecuados.

Respecto a la vegetación, los índices climáticos muestran una mayor correspondencia con la realidad local. El índice de de Martonne y el sistema de Holdridge alcanzan una aproximación más favorable que el de Thornthwaite por lo menos en lo que se refiere al territorio chileno, pero ninguno aporta antecedentes de segura aplicabilidad y de clara sensibilidad biológica. El índice de de Martonne tiene la ventaja de su mayor sencillez. En el área mediterránea de Chile, el uso del método de Emberger permite obtener delimitaciones vegetacionales bastante valederas.

Bosquejo de clasificación bioclimática de Chile.

Primeramente, se han analizado en forma crítica las clasificaciones climáticas de Chile según los métodos de Koppen y de Thornthwaite (Cuadro 7), de las cuales sólo la primera demuestra presentar una real coincidencia, a grandes rasgos, con las zonas de vida chilenas.

Se propone un esquema bioclimático de Chile, basado principalmente en el juego dinámico de grandes tendencias o influencias climáticas (Fig. 47 y 48). En general, cuatro tendencias dominan alternativamente, en mayor o menor grado: tropical, mediterránea, oceánica y continental. La tendencia desértica ha sido englobada en este

trabajo dentro de la tropical, por consideraciones de tipo prevalentemente biogeográfico.

Una somera descripción de las regiones de Chile sometidas a estas influencias climáticas completa la monografía.

BIOCLIMATOLOGY OF CHILE (Summary)

In this monograph the main results of some years of research on bioclimatic problems in Chile are presented. In spite of the preliminar character of most of the conclusions, we have tried to present a synthetic view that may serve as an introduction and base to future lines of work on these subjects.

Data have been directly compiled from the records of the Meteorological Office in Chile. In total, information has been obtained for 107 Chilean meteorological stations (Table 1 and Fig. 1), from which 81 are considered as main stations, since they have complete monthly data of maximum, mean, and minimum temperaturas, relative humidity and rainfall corresponding to a period of 7 or more years; 11 as accesories (complete data, but during a period less than 7 years for one or more elements) and 15 as incomplete, lacking in these generally the relative humidity.

To test the validity of conclusions these data have been completed and compared with field observations on natural vegetation and with the results of faunistical prospections along the Chilean territory, specially in reference to soil fauna showing elements of great value as biogeographical indicators

The main aspects analyzed in this monograph are the following:

- Climatographical representation
- Aridity
- Vegetative activity (or potentiality)
- Unfavorable period
- Continentalism
- Mediterranean climate
- Relation with soil and vegetation
- Outline of a bioclimatic classification of Chile

Climatographical representation.

For the graphical representation of climatic pairs in cartesian coordinates, systems have been used with a scale in one or two ordinates.

Within the first group, hythergraphs (Fig. 2), were used considering mean temperature and rainfall, and climographs (Fig. 3) which are drawn with data of mean temperature and relative humidity. Coupling both graphs all Chilean provinces have been climatically characterized (Fig. 6 to 30), as well as the main islands (Fig. 32 to 36) and the Chilean Antarctic region (Fig. 31). The combination of hythergraphs and climographs provides graphs of easy interpretation, clearly showing the dominant climatic tendency by means of the seasonal rythm of mean temperature, relative humidity and rainfall. They are useful to establish homoclimatic zones and also for teaching purposes, due to their simplicity. Their applicability could be increased even more by introducing delimitations of arid and cold months (Fig. 4 and 5).

Referring to the graphical representations with scales on two axis of ordinates and on the abscissa, the ombrothermic diagram of Gaussen, the climatic diagram of Walter (a simple modification of the former) and the "hydrothermic abacus" (Fig. 37) have been analyzed for the Chilean stations. In general, comparatively to hythergraphs and climographs, these systems have the clear advantage of permitting an easy global estimate of the period of aridity, in spite of the fact that this appreciation not always corresponds exactly to the Chilean situation. Monthly data can also be more easily identified. Nevertheless, the great climatic tendencies seem to be less evident with these methods.

Discussing the climatic dagram, the type of Gaussen is the simplest one; that of Walter has a better representation due to its more constant measures whereas the "hydrothermic abacus" shows a greater sensibility for detecting the aridity and gives also a complete view of the period of plant activity

In order to facilitate the interpretation of the climatic characteristics of Chile according to these diagrams, conventionally 10 transversal section (transects) have been considered from north to south. For each of the transects, graphs of stations situated from coast to the Andes have bee drawn. For doing so, the diagrams of Gaussen with Walter's modification were used (Fig. 38). The systems of climatic classification of Gaussen and Walter do not show a complete validity for the Chilean environments, but some of their borderlines harmonize perfectly with the biological conditions of this country.

Aridity

To evaluate the aridity with climatic data, annual indices giving an estimate of the global intensity of this phenomenon, and monthly indices showing the total length of the period of aridity have been calculated. This result is also obtained by drawing some climatic diagrams. Monthly values give, in our opinion, informations of a greater biological and applied meaning.

For the calculation of the annual indices, annual means of temperature and rainfall are used or, in some cases, the sum of the partial analysis of all months. For measuring the intensity of aridity in the different regions of Chile, the methods of Lang, de Martonne, Thornthwaite and Holdridge (these latter based on an estimation of potential evaporation) were applied. The corresponding data appear in Tables 2 and 3. The used methods coincide for determining that the area of transition between semiarid and subhumid climates is a fringe going from south of Santiago to south of Rancagua. From these indices the most adequate for Chilean conditions is the coefficient of Emberger, because it delimits the different degrees of aridity in the area of mediterranean climate. What refers to Thornthwaite's index, the amount of calculations for obtaining it does not hold any relation with the exiguity of results.

The length of the period of aridity for the meteorological stations has been deduced from the ombrothermic diagram of Gaussen and from the "hydrothermic abacus" (Fig. 39). The latter appears constantly more sensitive for measuring aridity. Nevertheless, none of them, harmonizes completely with the Chilean biological situation, due to the impossibility of detecting the influence of the relative humidity, which is a main factor in the coastal area of Chile.

With the same purpose, aridity diagrams based on the monthly index of de Martonne and on that of Giacobbe (here analyzed monthly) were also drawn. These diagrams show for the Chilean territory the temporal (from January to December) and spatial (north to south) characteristics of aridity (Fig. 40 and 41). Giacobbe's index is more convenient for Chile, since it includes in its formula the thermal excursion, thus considering indirectly the relative humidity. The index of de Martonne cannot detect the decrease of aridity toward the coast due to an increase of humidity.

According to the degree of aridity 12 zones are recognized in Chile. This subdivision agrees only partially with that of Lauer based on the "Isohygromenen" or with that of

Gausson (xerothermic index); this is partially due to the fact that these authors have worked with only a reduced number of meteorological stations.

There exist little similarities between the conclusions of this monograph and those of Almeyda who considered arid the months with rainfall below 30 mm.

An index of aridity really adequate for Chilean conditions should give information not only on the length and intensity of aridity, but also on its variability. Data should be included on thermal extremes, intensity and variability of rainfall and possibly relative humidity and dew, these latter of great importance in coastal and desert regions.

Vegetative activity.

In the sense of this expression, the control of vegetation is represented only by the cold. Therefore it should be more properly defined as vegetative potentiality, since this possibility of growth is conditioned by the absence of aridity as a limiting factor.

In Chile the limitation due to the cold is less important than that of aridity. The Chilean territory is also much more homogeneous under the thermic aspect.

The indices of thermic efficiency and thermic concentration in summer of Thornthwaite, as well as the duration of the warm season have been calculated. Data are listed in Tables 4 and 5. The thermic indices of Thornthwaite do not give a good base for the climatic differentiation of Chilean provinces.

For representing in space and time the intensity of the cold as a limiting factor, two conventional scales on mean monthly temperatures have been established, in three (Fig. 42) and in five ranges (Fig. 43). These graphs are destined to be compared with the homologous diagrams of aridity

Unfavorable period.

The combined action of the main limiting factors, aridity and cold, may be synthetized through the length of the climatically unfavorable period, particularly in relation to the growth of plants. The necessity of considering together these two factors is specially evident in Chile, where their evolution shows an opposite gradient of intensity in general, the aridity decreasing from north to south, the cold from south to north. Fig. 44 and 45, which are the result of superposing Fig. 40 (diagram of aridity) with 42 (cold) and of 41 (aridity) with 43 (cold), respectively, present the temporal and spatial extension of the

unfavorable period in Chile. From this point of view, the most favorable zone of the country is the central-south (located approximately between parallels 38 and 42 S).

There exists a close relationship between the type of plant formation and the number of unfavorable months.

Continentalism.

The indices of hygric continentalism of Gams and of thermic fertility or continentalism, as well as the thermic excursion, have been calculated (Table 6). In Chile properly continental regions are lacking, due to the geographical situation of its territory.

A certain degree of continentalism exists in the Andes and some areas of the longitudinal valley, situated at the east of a high Coastal Cordillera intercepting marine influences.

According to the extreme mean thermic amplitude, the climate of the major part of Chile is of a littoral-type. Many coastal localities show also "insular" characteristics since the effect of the Humboldt stream assures particularly constant thermic conditions,

Mediterranean climate.

The delimitation of the area of mediterranean climate in Chile and the further division in subzones, has been made according to the principles of Emberger. Particularly his pluviothermic index has been calculated, using only as a complement a summer aridity index of Giacobbe. The conceptual bases of these indices seem very pertinent to the Chilean situation.

According to the classification of Emberger, slightly modified, there exist in Chile mediterranean climates of the perarid, arid, semiarid, subhumid, humid and perhumid types (Fig. 46), represented by diverse varieties (cold, fresh, tempered and calid) in relation to the mean minimum temperature of the coldest month.

Specially due to the physiographical conditions of the Chilean mediterranean area, it would be convenient to distinguish fundamentally three types of mediterranean bioclimate: littoral, interior and montan (subandean). The existence of an andean mediterranean type is very doubtful, because even in the mountains with a mediterranean pluviometric trend, the biological activity in summer accentuates the similarities with the continental bioclimate.

Relations with soil and vegetation.

The effectivity of some climatic formulae as a complement of soil and vegetation classifications was analyzed. In relation to the Chilean soils Lang's index and even more the method of Thornthwaite have proved to be inadequate. In connection with the vegetation, the climatic indices show a greater correspondence to the real situation. The index of de Martonne and the system of Holdridge reach more favorable approach than Thornthwaite's methods; nevertheless none of them gives informations of a clear biological sensitivity. The index of de Martonne has the advantage of being much more simple. In the Chilean mediterranean area, the method of Emberger permits to obtain vegetational delimitations of enough validity.

Outline of a bioclimatic classification of Chile

First, the climatic classifications of Köppen and Thornthwaite related to Chile (Table 7) have been analyzed critically. Only the former of them seems to present, in broad lines a real coincidence with the Chilean zones of life.

A bioclimatic outline of Chile is proposed, mainly based on the dynamic play of great climatic tendencies or influences (Fig. 47 and 48). In general four tendencies dominate alternatively in a major or minor degree: tropical, mediterranean, oceanic and continental. The desertic tendency has been included in this paper in the tropical one, due to considerations of biogeographical nature.

A brief description of the Chilean regions under these climatic influences closes this monograph.

BIOKLIMATOLOGIE VON CHILE (Zusammenfassung)

In dieser Monographie sind die Hauptergebnisse von einigen Jahren Forschung über bioklimatische Probleme in Chile vorgelegt. Obwohl die Mehrzahl der Schlussfolgerungen einen vorläufigen Charakter hat, wurde damit versucht ein erstes synthetisches Bild zu geben, welches als Einführung und Grundlage für zukünftige Arbeiten über diese Themen dienen möge.

Die verwendeten Daten von insgesamt 107 chilenischen Stationen (Tab. 1, Fig. 1) wurden direkt aus den Registern des chilenischen Meteorologischen Dienstes entnommen. 81 Messstellen können als Hauptstationen angesehen werden, da sie vollständige monatliche Daten über Maximum, Minimum und Mitteltemperaturen sowie über die relative Luftfeuchtigkeit und über die Niederschlagsmengen für einen Zeitraum

von mehr als 7 Jahren aufweisen. Von 11 zusätzlichen Stationen lagen Daten von weniger als 7 Beobachtungsjahren für das eine oder andere Element vor. Bei weiteren 15 unvollständigen Stationen fehlten einigen Informationen, hauptsächlich der relativen Luftfeuchtigkeit.

Um die Schlussfolgerungen zu prüfen sind die meteorologischen Daten den Feldbeobachtungen über die natürliche Vegetation und den faunistischen Aufnahmen des chilenischen Gebietes gegenübergestellt worden. Insbesondere erwiesen sich die Daten der Bodenfauna als von grosser biogeographischer Bedeutung.

Die wichtigsten in dieser Monographie analysierten Aspekte sind:

- Klimatographische Darstellung
- Aridität
- Vegetative Aktivität oder vegetatives Potential
- Ungünstige Periode
- Kontinentalität
- Mediterranes Klima
- Beziehungen mit dem Boden und mit der Vegetation
- Entwurf einer bioklimatischen Klassifikation von Chile

Klimatographische Darstellung.

Für die paarweise Darstellung von Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit bzw. Niederschlag im kartesischen Koordinatensystem wurden zwei Arten angewandt: in dem einen Falle zwei Elemente als Ordinate und Abszisse, in dem anderen Falle zwei Elemente mit verschiedener Ordinate und Zeit als Abszisse.

In der ersten Gruppe wurden die Hyterographen (Thermohydrogramme) benutzt (Fig. 2) welche Mitteltemperaturen und Niederschlag in Beziehung setzen, und die Klimographen (Thermohygrogramme, Fig. 3) welche mit Hilfe von Daten der Mitteltemperatur und der relativen Feuchte konstruiert werden. Durch Gruppierung beider Darstellungen wurden die ganzen chilenischen Provinzen (Fig. 6 bis 30) und ausserdem, die wichtigsten chilenischen Inseln (Fig. 32 bis 36) sowie die chilenische Antarktis (Fig. 31) klimatisch charakterisiert.

Durch die Kombination von Hyterographen und Klimographen ergaben sich anschauliche Darstellungen welche mittels des jahreszeitlichen Rythmus' der Mitteltemperatur, der Luftfeuchte und der Niederschlagsmengen, die dominante

klimate Tendenz zeigen. Sie sind nützlich um homoklimatische Zonen zu ermitteln und ausserdem eignen sie sich wegen ihrer Einfachheit für Lehrzwecke. Ihre Anwendungsmöglichkeit könnte noch gesteigert werden, in dem man Begrenzungen für die ariden und kalten Monate einführt (Fig. 4 und 5).

Was die graphischen Darstellungen mit Skalen in 2 Ordinatenachsen und Abszisse betrifft, wurden in Beziehung zu den chilenischen Stationen das ombrothermische Diagramm von Gaussen, das Klimadiagramm von Walter (welches eine einfache Modifikation des Gaussen'schen ist und das hydrothermische „abacus“ analysiert (Fig. 37). Im Vergleich, zu den Hyterographen und Klimographen haben diese Systeme im allgemeinen den klaren Vorteil, dass sie eine leichte globale Bestimmung der Ariditätsperiode erlauben, obgleich diese Schätzung nicht immer genau der wirklichen chilenischen Situation entspricht. Ausserdem kann man die entsprechenden Daten jedes Monates leichter identifizieren. Jedoch scheinen die grossen klimatischen Tendenzen mit diesen Methoden weniger klar herauszukommen.

Das Diagramm von Gaussen erscheint am einfachsten; das von Walter erfreut sich einer besseren Darstellbarkeit infolge seiner konstanten Skalenmasse, während das hydrothermische "abacus" eine grössere Empfindlichkeit zeigt um die Aridität zu ermitteln. Daneben gibt es sofort einen Einblick in die Periode der vegetativen Aktivität. Um an Hand von diesen Diagrammen die Erläuterung der klimatischen Eigenschaften von Chile zu erleichtern, wurde Chile von Norden nach Süden in 10 Sektionen eingeteilt. Für jede Sektion wurden von den Stationen in West - Ost - Schnitten von der Küste ins Innere die entsprechenden Darstellungen gezeichnet. Hierfür wurden die Diagramme von Gaussen nach der Modifikation von Walter benutzt (Fig. 38). Die Klassifikationssysteme von Gaussen und Walter zeigen für die chilenischen Verhältnisse keine vollständige Gültigkeit, aber einige ihrer Abgrenzungslinien passen sich sehr gut an die biologischen Bedingungen dieses Landes an.

Aridität.

Um die Aridität mittels Klimadaten zu bestimmen, wurden Jahresindizes berechnet, welche die globale Intensität dieser Erscheinung zeigen, und Monatsindizes, die insgesamt die Länge der ariden Periode angeben. Dasselbe Ergebnis erhält man auch durch die Darstellung einiger klimatischen Diagramme. Monatliche Werte haben, nach unserer Ansicht, eine grössere biologische und praktisch nutzbare Bedeutung.

Für die Berechnung des Jahresindizes wurden die Jahresmittelwerte der Temperatur und der Niederschläge oder in einigen Fällen die Summe der Teilanalysen von allen

Monaten herangezogen. Um die Intensität der Aridität in den verschiedenen Gebieten von Chile zu ermitteln, wurden die Methoden von Lang, de Martonne, Emberger, Thornthwaite und Holdridge angewandt. Die beiden letzten beruhen auf einer Schätzung der potentiellen Evapotranspiration. Die entsprechenden Daten sind in den Tabellen 2 und 3 enthalten. Übereinstimmend zeigten alle Methoden, dass das Übergangsgebiet zwischen semiariden und subhumiden Klimaten südlich von Santiago, bis südlich von Rancagua liegt. Von den erwähnten Indizes ist der geeignetste der Koeffizient von Emberger, hauptsächlich für die Begrenzung verschiedener Grade der Aridität im Gebiet des mediterranen Klimas. Was den Indizes von Thornthwaite betrifft, steht der Rechenaufwand hierfür in einem sehr ungünstigen Verhältnis zu den Ergebnissen.

Die Andauer der Ariditätsperiode an den analysierten Stationen wurde aus den monatlichen Indizes von de Martonne und von Giacobbe als Grundlage entnommen (Fig. 39). Das letztere erscheint stets empfindlicher als jenes von Gaussen um die Aridität zu erfassen. Keines von beiden Diagrammen passt sich aber an die chilenische Wirklichkeit an, und zwar infolge der Unmöglichkeit den Einfluss der relativen Feuchte zu erfassen. Dieser ist aber in Chile ein bestimmender Faktor, hauptsächlich im Küstengebiet.

Mit demselben Zweck, wurden auch Ariditätsdiagramme gezeichnet, die den monatlichen Indizes von de Martonne und von Giacobbe als Grundlage haben. Jener von Giacobbe wurde bei dieser Gelegenheit monatlich analysiert. Beide zeigen für das chilenische Gebiet von Januar bis Dezember die zeitlichen, von Norden nach Süden die räumlichen Eigenschaften der Aridität (Fig. 40 und 41). Der Index von Giacobbe ist für Chile angebracht, hauptsächlich wegen der Tatsache, dass er in seiner Formel durch Betrachtung der thermischen Amplitude auch indirekt die relative Feuchte in Betracht zieht. Durch den Index von de Martonne wird die Abnahme der Aridität in Richtung zur Küste infolge Zunahme der Luftfeuchtigkeit nicht erfasst.

Nach diesen Ergebnissen kann man, je nach dem Grad der Aridität Chile in 12 Gebiete aufteilen. Diese Gliederung stimmt jedoch nur teilweise mit der von Lauer überein, welche auf den Isohygromenen beruht, oder jener von Gaussen mit dem xerothermischen Index als Basis, einerseits weil die Grundlagen verschieden waren; und andererseits vielleicht mehr durch die Tatsache, dass diese Autoren mit einer reduzierten Anzahl von Stationen gearbeitet haben. Dadurch konnte nur eine ungenaue Einteilung in Zonen gemacht werden. Es bestehen auch nur sehr geringe Übereinstimmungen zwischen den Daten dieser Monographie und denen von Almeyda,

der einen Monat als arid bezeichnet welcher Niederschlagsmengen unter 30 mm aufweist.

Ein wirklich geeigneter Indizes für die chilenischen Verhältnisse sollte nicht nur über die Länge und Intensität der Aridität Aufschluss geben, sondern auch über seine Veränderlichkeit. In seiner Formel sollten Daten enthalten sein über thermische Extreme, Intensität und Veränderlichkeit der Niederschläge und möglicherweise über relative Feuchte und Tau. Diese beiden letzten sind von grosser Bedeutung in Küsten- und Wüstengebieten.

Vegetative Aktivität.

Im Sinne dieser Bezeichnung ist die Kontrolle der Vegetation nur durch die Kälte repräsentiert. Deshalb sollte sie besser als vegetatives Potential definiert werden da diese Entwicklungsmöglichkeit durch das Fehlen des Begrenzungsfaktors Aridität bedingt ist.

Die Begrenzung des Pflanzenwachstums durch die Kälte ist in Chile nicht so wichtig wie die durch die Aridität. Ausserdem ist das chilenische Gebiet thermisch viel homogener als hygrisch.

Es wurden die Indizes der Wirksamkeit der Temperatur und der Thermischen Konzentration im Sommer nach Thornthwaite berechnet, sowie auch die Andauer der warmen Jahreszeit. Die Daten sind in Tabelle 4 und 5 aufgetragen. Auch die Thermischen Indizes von Thornthwaite geben keine gute Grundlage für die klimatische Differenzierung der chilenischen Provinzen.

Um die Intensität der Kälte zeitlich und räumlich als Begrenzungsfaktor darzustellen, wurden zwei konventionelle Skalen der Monatsmitteltemperaturen verwendet: eine mit drei (Fig. 42), die andere mit fünf Stufen (Fig. 43). Diese Darstellungen sind für eine Gegenüberstellung mit den homologen Diagrammen der Aridität bestimmt.

Ungünstige Periode

Die gemeinsame Aktion der beiden Begrenzungsfaktoren, Aridität und Kälte kann synthetisiert werden durch die Andauer der klimatisch ungünstigen Zeit in Monaten, speziell in Beziehung zum Wachstum der Pflanzen. Die Notwendigkeit diese beiden Faktoren zusammen zu betrachten ist besonders offenbar in Chile, wo ihre Evolution einen entgegengesetzten Intensitätsgradienten zeigt. Im allgemeinen nimmt die Aridität von Norden nach Süden ab, hingegen die Kälte von Süden nach Norden.

Die Figuren 44 und 45, welche sich aus der Überlagerung der Fig. 40 (Ariditätsdiagramm) mit der Fig. 42 (Kälte) bzw. die der Fig. 41 (Aridität) mit Fig. 43 (Kälte) ergeben, zeigen die zeitliche und räumliche Ausdehnung der ungünstigen Periode in Chile. Unter diesem Gesichtspunkt ist die ungünstige Zone des Landes, eine des Zentrum-Südens, ungefähr zwischen den südlichen Breitengraden 38 und 42. Es besteht eine enge Beziehung zwischen der Verteilung der Vegetationsformen und der Anzahl der ungünstigen Monate, die vermuten lässt dass dieses Konzept einen biologisch bedeutenden Aussagewert hat.

Kontinentalität.

Es wurden die Indizes der hygrischen Kontinentalität nach Gams und der thermischen Fruchtbarkeit oder Kontinentalitätsgrad (Tabelle 6) und ausserdem die jährliche Temperaturamplitude berechnet. Es fehlen in Chile vom klimatischen Standpunkt aus rein kontinentale Gebiete, wenn man die geographische Lage des Landes in Betracht zieht.

Es gibt einen gewissen Grad der Kontinentalität in der Andenkordillere und in einigen Teilen der Längssenke, die sich östlich einer gut entwickelten Küstenkordillere befinden, durch welche die maritimen Einflüsse abgeschirmt sind.

Entsprechend der extremen thermischen Mittelamplitude ist das Klima des grössten Teil Chiles vom Typ des Litoralklimas. Viele Küstenortschaften zeigen sogar "insulare" Eigenschaften, da der Effekt des Humboldtstromes sehr konstante thermische Eigenschaften hervorruft.

Mediterranes Klima.

Die Begrenzung des mediterranen Klimas in Chile und die später in dieser Arbeit durchgeführte Einteilung in Zonen, hat sich vor allem an die Prinzipien von Emberger angepasst. Speziell wurde sein pluviothermischer Koeffizient berechnet und es wurde nur als Komplement der Indizes der sommerlichen Aridität von Giacobbe benutzt. Die Grundlagen von diesen Indizes scheinen für die chilenische Situation sehr geeignet zu sein.

Entsprechend der leicht modifizierten Klassifikation von Emberger gibt es in Chile mediterrane Bioklimate des Typs perarid, arid, semiarid, subhumid, humid und perhumid (Fig. 46) vertreten durch verschiedene Stufen (kalt, frisch, warm, heiss) in Beziehung zu der Minimum Temperatur des kältesten Monates. Speziell wege der

physiographischen Eigenschaften des chilenischen mediterranen Gebietes, wäre es angebracht grundsätzlich drei bioklimatische mediterrane Typen zu unterscheiden: Küstentyp, Innentyp und Bergtyp (subandin). Das Vorhandensein eines rein andinen Typs ist sehr fraglich. Die Berge sind zwar im allgemeinen einem mediterranen pluviometrischen System ausgesetzt jedoch, betont die Periode der biologischen Aktivität vorwiegend im Sommer die Ähnlichkeiten mit dem kontinentalen Bioklima.

Beziehungen mit dem Boden und der Vegetation.

Es wurde versucht die Wirksamkeit einiger klimatischer Formeln als Komplement der Boden - und Vegetationsklassifikationen zu prüfen.

In Beziehung zu den chilenischen Böden haben sich der Indizes von Lang, und mehr noch die Methode von Thornthwaite als absolut ungeeignet erwiesen.

Was die Vegetation betrifft, geben die klimatischen Indizes eine grössere Aequivalenz mit der lokalen Wirklichkeit. Der Indizes von de Martonne und das System von Holdridge erreichen eine bessere Annäherung als das von Thornthwaite, wenigstens was das chilenische Gebiet betrifft, aber keiner steuert Informationen von sicherer Anwendbarkeit und einer klaren biologischen Empfindlichkeit bei. Der Indizes von de Martonne hat den Vorteil seiner grossen Einfachkeit. In der mediterranen Zone von Chile erhält man mit der Methode nach Emberger sehr gültige Abgrenzungen der Vegetationsformen.

Entwurf einer bioklimatischen Klassifikation von Chile

In dieser Arbeit wurden zuerst die klimatischen Klassifikationen von Chile nach den Methoden von Köppen und nach Thornthwaite (Tabelle 7) unter kritischer Analyse gestellt. Nur die erste zeigt in grossen Linien eine reelle Übereinstimmung mit den chilenischen Lebensgebieten.

Es wird ein bioklimatisches Schema von Chile vorgeschlagen welches auf dem dynamischen Spiel der grossen klimatischen Tendenzen oder Einflüssen beruht (Fig. 47 und 48). Im allgemeinen dominieren abwechselnd im grossen oder kleinen Masse vier Tendenzen: Tropisch, mediterranisch, ozeanisch und kontinental. Die Wüstentendenz wurde wegen Überlegungen vorwiegend biogeographischer Art in dieser Arbeit in die tropische eingeschlossen.

Eine kurze Beschreibung der chilenischen Gebiete unter diesen Einflüssen vervollständigt die Monographie.

Die Verfasser danken Herrn Professor Dr. Albert Baumgartner, München, für die wertvolle Hilfe an der Bearbeitung der deutschen Zusammenfassung.

BIBLIOGRAFIA

(Además de las publicaciones citadas en el texto, se incluyen otras de referencia general).

ABD - EL - AL I. 1953. Statique et dynamique des eaux dans les massifs calcaires Libano-Syries En: Colloque d'Ankara sur l'hydrologie de la zone aride. UNESCO. Paris: 64 - 80.

AHMAD M. S. 1961. Water requirements of plants in the Quetta Valley, West Pakistan En: Plant-water relationships in arid and semiarid conditions. Proceedings of the Madrid Symposium UNESCO. Paris: 155 - 163.

ALMEYDA E. 1948. Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile. Edit. Universitaria. Santiago.

ALMEYDA E. & F. SÁEZ 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. DTICA. Ministerio de Agricultura. Santiago.

ANGUS D. E. 1958. Measurements of dew. En: Climatology and microclimatology Proceedings of the Canberra Symposium. UNESCO. Paris: 301 - 303.

AVILA E. 1953. El "Niño" en 1953 y su relación con las aves guaneras. Problemas básicos referentes a la anchoveta. Bol. Comp. Admin. Guano 29 (5): 1-7.

AZZI G. 1944. Ecología agraria. Ed. Dante Alighieri. Roma.

AZZI G. 1959. Ecología agraria. Salvat. Barcelona.

BAGNOULS F. & H. GAUSSEN. 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 88: 193 - 239.

BAQUERO C. & J. AGUILÓ 1961. Influence des travaux de conservation des sols dans l'économie en eau des régions arides et semi-arides de l'Espagne. En: Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions (Proceedings of the Madrid Symposium). UNESCO. Paris: 63 - 69.

BAUDIÈRE A. & L. EMBERGER 1959. Sur la notion de climat de transition en particulier dans le domaine du climat méditerranéen. Bull. Service Carte Phytogéographique série B 4 (2): 95 - 117.

BAUER P. P. von. 1960. Silvicultura en el Sur de Chile. Bonner geogr. Abh. VOL 23 E. Ferd. Dümmlers Bonn.

BODENHEIMER F. S. 1955. Précis d'écologie animale. (Trad. J. Théodoridés). Payot. Paris.

BODENHEIMER F. S. 1958. Les facteurs climatiques dans l'écologie animale de la zone aride. En: Climatologie. UNESCO. Paris: 40 - 62.

BOUCHET R. J. 1961a. Evaporation sous abri et évapotranspiration potentielle. En: Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions. (Proceedings of the Madrid Symposium). UNESCO. Paris: 27 - 32.

BOUCHET, R. J. 1961b. Signification et portée agronomique de l'évapotranspiration potentielle. An. agron. 12 (1): 51 - 63.

BOUCHET R. J. 1962. Evapotranspiration potentielle et évaporation sous abri. En: Biometeorology. Ed. S. W. Tromp. Pergamon Press. Oxford: 540 - 545.

BOYKO H. 1953. Solutions écologiques de quelques problèmes touchant l'hydrologie et le génie hydraulique. En: Colloque d'Ankara sur l'hydrologie de la zone aride. UNESCO. Paris: 255 - 263.

BOYKO H. 1954. A new plant-geographical subdivision of Israel (As an example for Southwest Asia). Vegetatio (Acta geobotanica) 5 - 6: 309 - 318.

BOYKO H. 1955. Climate, ecoclimatic and hydrological influence on vegetation. En: Plant Ecology (Proceedings of the Montpellier Symposium). UNESCO. Paris: 1 - 5.

BOYKO H. 1962. Old and new principles of phytobiological climatic classification. En: Biometeorology. Ed. S. W. Tromp. Pergamon Press. Oxford: 113 - 127.

BOYKO H. & ELIZABETH BOYKO 1957. A climate map of the Sinai Peninsula as example of ecological climatology. First Bioclimatological Congress. Vienna: 1 - 7.

BRAUN - BLANQUIET J. 1950. Sociología vegetal (trad. A. P. L. Diglio & Marta M. Grassi). Acme. Buenos Aires.

BRÜGGEN J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto geográfico militar. Santiago.

CALISTRI I. 1962. Studio dell'influenza dell'andamento pluviometrico sull'ampiezza degli anelli legnosi en *Abies alba*. Mill. L'Italia Forestale e Montana 17(4): 1 - 16.

CASTRI F. di 1963. Etat de nos connaissances sur les biocoenoses édaphiques du Chili, En: Soil organisms. Ed. J. Doeksen & J. van der Drift. North-Holland Publ. Co. Amsterdam: 375-385.

CASTRI F. di & E. R. HAJEK. 1961a. Proyecto de Mapa ecológico chileno. Bol. IV. Conv. Méd. Vet. Santiago: 15-18.

CASTRI F. di & E. R. HAJEK. 1961b. Indices pluviotérmicos como base para una clasificación del país en zonas bioclimáticas. Bol. IV. Conv. Méd. Vet. Santiago: 19 - 23.

CASTRI F. di, E. R. HAJEK & V. ASTUDILLO. 1961. Utilización de climógrafos e hiterógrafos para la selección de áreas homoclimáticas. Bol. IV. Conv. Méd. Vet. Santiago: 24-28.

CASTRI F. di, E. R. HAJEK & V. ASTUDILLO 1962. Importancia pecuaria de los ambientes desfavorables chilenos. Bol. Prod. anim. (Chile) 1(1): 7-20.

CASTRI F. di, E. R. HAJEK & C. WINCKLER, 1963. Influencia de factores ecológicos sobre la densidad ganadera. Bol. Prod. anim. (Chile) 1 (2): 87 - 100.

CASTRI F. di 1968. Esquisse écologique du Chili. En: Biologie de l'Amerique australe, CRNS. Paris. Tome IV.

COMEL A. 1957. I terreni climatici. N. Ann. Ist. Chim. Agr. Sper. Gorizia: 211-246.

COMITÉ ARGENTINO PARA EL ESTUDIO DE LAS REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. 1983. Las tierras áridas y semiáridas de la República Argentina (Informe Nacional). Conferencia latinoamericana para el estudio de las regiones áridas. UNESCO. Buenos Aires.

CORTI R. 1958. Esiste una vegetazione mediterranea montana? Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali 7: 61-86.

CHAMBERS J. V. & J. M. BLAUT. 1958. Canal Zone Analogs N° 1. Analogs of Canal Zone climate in Middle America. Technical Report EP-87. Headquarters quartermaster research & engineering Command. U. S. Army. Natick. Massachusetts.

DANSEREAU P. 1957. Biogeography. An ecological perspective. Ronald Press. New York.

DEACON E. L., C. H. B. PRIESTLEY & W. C. SWINBANK. 1958. Evaporation et bilan hydrique. En: Climatologie. UNESCO. Paris: 9 - 39.

DIAZ C., C. AVILES & R. ROBERTS. 1959-60. Los grandes grupos de suelos de la provincia de Magallanes. Agr. Téc. Chile 19 - 20: 227 - 308.

Di PRIMA S. 1958. Introduzione alla ecologia agraria. Quaderno NQ 1. Ved. Trizio. Bari.

DIXEY F. 1953. Quelques études récentes sur les problemes d'hydrologie souterraine. En: Colloque d'Ankara sur l'hydrologie de la zone aride. UNESCO. Paris: 45-63.

DRUMMOND A. J. 1958. Rayonnement et bilan thermique. En: Climatologie. UNESCO. Paris. 63-83.

DZERDZEEVSKII B. L. 1958. On some climatological problems and microclimatological studies of arid and semi-arid regions in U.S.S.R. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium). UNESCO. Paris: 315 - 325.

EMBERGER L. 1953. La végétation de l'Italie d'après A. Giacobbe, et remarques sur la méthode en géographie botanique, écologique. Recueil des Travaux du Laboratoire de Botanique, Géologie et Zoologie (Faculté des Sciences, Montpellier), Série Botanique, Fase. 6: 19 - 29.

EMBERGER L. 1955a. Projet d'une classification biogéographique des climats. Ann. Biol. 31(5-6): 249 -255.

EMBERGER L. 1955b. Une classification biogéographique des climats Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie (Faculté des Sciences, Montpellier), Série Botanique, Fase. 7: 3 - 43.

EMBERGER L. 1958. Afrique du nord et Australie méditerranéenne. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium. UNESCO. Paris: 141 - 147.

EMBERGER L. 1959. La place de l'Australie méditerranéenne dans l'ensemble des pays méditerranéens du Vieux Monde. (Remarques sur le climat méditerranéen de l'Australie). Biogeography and Ecology in Australia (Monographiae Biologicae) 8: 259 - 273.

EUVERTE G. 1959. Les Climats et l'Agriculture. Presses Universitaires de France. Paris.

FAO 1962. Informe de la 5a Reunión Interamericana de Producción y Sanidad Animal. Santiago: 38 - 40.

FERNANDEZ DE LARA G. A. 1952. Rapport sur l'hydrologie et l'utilisation des ressources hydrauliques dans les régions arides et semiarides d'Amérique latine. En: L'Hydrologie de la zone aride. UNESCO. Paris: 157 - 182.

FERRIERE G. 1963. Aspectos ecológicos del Parque Nacional de Nahuelbuta. Tesis Univ. de Chile. Santiago.

FINCH V. C., G. T. TREWARTHA, A. H. ROBINSON & E. R. HAMMOND. 1957. *Physical Elements of Geography*. McGraw-Hill. New York.

FLETCHER J. E. 1961. Climate and soil in the Southwest. En: *Bioecology of the arid and semiarid lands of the southwest*. New Mexico Highlands University Bulletin 212: 2 - 14.

FREY W. von. 1963. Influencias climáticas sobre tasa de crecimiento, finura y rizo de la lana. Tesis Univ, de Chile. Santiago.

FUENZALIDA H. 1950. Clima. En: *Geografía económica de Chile*. CORFO Tomo I. Edit. Universitaria. Santiago: 188 -257.

FUENZALIDA H. 1963. Clima. En: *Las zonas áridas de Chile (Provincias del Norte)*. Informe Nacional a la Conferencia Latinoamericana para el estudio de las regiones áridas. UNESCO Buenos Aires: 13 - 21.

GAJARDO AÍDA. 1948. Estudio crítico de la fórmula climática de C. W. Thornthwaite relacionada con los suelos de Chile. Tesis Univ. de Chile. Santiago.

GALMARINI A. C. 1961. Caracterización climática de la Provincia de la Pampa. CAFADE. Operación Carnes. Publ. Técnica N° 13. Buenos Aires: 1 - 59.

GALMARINI A. C. & J. M. ROFFO 1963. Condiciones de aridez y humedad en la República Argentina. En: *Comunicaciones y resúmenes de trabajos*. Conferencia latinoamericana para el estudio de las regiones áridas. UNESCO. Buenos Aires: 20 - 21.

GAUSSEN H. 1955a. Expression des milieux par des formules écologiques Leur représentation cartographique. *Ann. Biol.* 31(6-6): 257 - 269.

GAUSSEN H. 1955b. Rapport général sur la cartographie écologique *Ann. Biol.* 31(5-6): 465 - 475.

GAUSSEN H. 1956. L'étude des climats par les courbes ombrothermiques. *L'Information géographique* N° 5: 191 - 193.

GAUSSEN H. 1961. A propos des diagrammes climatiques. Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie. 15(1): 73 -75.

GEORGE P. 1962. L' U.R.S.S. Presses Universitaires de France. París.

GIACOBBE A. 1958. Ricerche ecologiche sull'aridità nei paesi del mediterraneo occidentale. Webbia 14(1): 1 - 79.

GIACOBBE A. 1959. Nuove ricerche ecologiche sull'aridità nei paesi del mediterraneo occi. dentale. Webbia 15(1): 311 -345.

GIACOBBE A. 1961. Siccità estiva e riserve idriche del suolo utilizzabili dalle piante. L'Italia Forestale e Montana. 16(3): 111 - 124.

GIACOBBE A. 1962. Problemi di bioclimatologia mediterranea. L'Italia Forestale e Montana. 17(4): 3 - 15.

GIACOBBE A. 1964. La misura del bioclima mediterraneo. Ann. Accad. Ital. Sc. Forest. 13: 37 - 69.

GILEAD M. & N. ROSENAN. 1958. L'observation climatologique dans les régions arides. En: Climatologie. UNESCO. Paris: 199 - 207.

GIORDANI SOIKA A. 1959. Bioclima e biogeografia del litorale di Venezia. Archivio dell' Ospedale al Mare: 1 - 62.

HAJEK E. R., M. PACHECO & A. PASSALACQUA. 1972. Análisis bioclimático de la sequía en la zona de tendencia mediterránea de Chile. Publ. 45. Inst. Geogr. Univ. Cat. Santiago.

HAJEK E. R. & F. Di CASTRI 1975. Bioclimatografía de Chile. Dir. Invest. Univ. Cat. Santiago.

Heim R. 1955. L' action de l'homme sur le milieu naturel. Ann. Biol. 31(5-6): 351 - 360.

HERNANDEZ L. 1952. Meteorología física y climatología agrícolas. Salvat Barcelona.

HODGE C. & P. C. DUISBERG (Ed). 1963. Las tierras áridas y el hombre. Publ. N° 74. (Versión española). American Association for the advancement of science. Washington D. C.

HOFFMANN J. 1963. Algunos aspectos del clima de las regiones áridas y semiáridas de la República Argentina. En: Comunicaciones y resúmenes de trabajos. Conferencia latinoamericana para el estudio de las regiones áridas. UNESCO. Buenos Aires: 19 - 20.

HOLDRIDGE L. R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105(2727): 367 - 368.

HOLDRIDGE L. R. 1959. Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. Science 130(3375): 572.

HOLDRIDGE L. R. & T. L. NOFFSINGER 1960. Correspondence on evapotranspiration. Science 131(3408): 1260 - 1262.

HOUNAM C. E. 1958. Evaporation pan coefficients in Australia. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium). UNESCO. Paris: 52 - 60.

KACHAROV D. N. & E. P. KOBOVINE. 1942. La vie dans les déserts (trad. Th. Monod). Payot. Paris.

KNOCHE W. 1929. Jahres -Juli- und Januar-Niederschlagskarte der Republik Chile. Z. Ges. Erdk. (Berlin): 208 - 216.

KOEPPE C. E. & C. C. DE LONG. 1958. Weather and climate McGraw Hill. New York.

KUMMEROW J. & V. MATTE. 1963. Medición y condensación de la neblina en el litoral del norte chileno. En: Comunicaciones y resúmenes de trabajos. Conferencia latinoamericana para el estudio de las regiones áridas. UNESCO. Buenos Aires: 8.

LAUER W. 1952. Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geograph. Abh. 9: 1 - 98.

LAUER W. 1960. Klimadiagramme. Gedanken und Bemerkungen über die Verwendung von Klimadiagrammen für die Typisierung und den Vergleich von Klimaten. Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie 14(3): 232 - 242.

LAUER W. 1961. Beiträge zur Geographie der Neuen Welt. Schriften Geogr. Inst. Univ. Kiel 20: 227 -276.

LEE D.H. K. 1958. Proprioclimats de l'homme et des animaux domestiques. En: Climatologie. UNESCO. Paris: 111 - 139.

LORENTE J. M. 1961. Meteorología. Ed. Labor. Barcelona.

MANN C. 1949. Biogeografía. Regiones ecológicas de Tarapacá. Rev. Geogr. de Chile 2: 1 - 13.

MANN C. 1960. Regiones biogeográficas de Chile. Inv. Zool. Chilenas 6: 15-49.

MARCUZZI C. 1951. 1. Tenebrionidi come indicatori del clima. Rivista di Biologia (Perugia) 43(3): 399 -437.

MARCUZZI C. 1956. Contribución al estudio de la ecología del medio xerófilo venezolano. Región de Lagunillas en el Estado Mérida. Dirección de Cultura. Univ. de los Andes. Publ. NQ 53. Mérida 1 - 42.

MARGULIS H. 1963. Pédologie générale. Gauthier - Villars. Paris.

MARTONNE H. de. 1957. Traité de Géographie Physique. Tome 1. Armand Cola. Paris.

MASSON H. 1958. La mesure de la rosée. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium UNESCO. Paris: 309 - 314.

MATHON C. CH 1958. La vie des plantes. Ecologie végétale Presses Universitaires de France. París.

MATHON C. CH. & M. STROUN. 1962. Température et floraison. Presses Universitaires de France. Paris.

MEIGS P. 1952. La répartition mondiale des zones climatiques arides et semi-arides En: L'Hydrologie de la zone aride. UNESCO. Paris: 208 - 215.

MIGAHD A. M. 1961. The drought resistance of egyptian desert plants. En: Plant-water relationships in arid and semi-arid conditions (Proceedings of the Madrid Symposium). UNESCO. Paris: 213 - 233.

MILLER A. A. 1957. Climatología (trad. 1. Antich). Omega. Barcelona.

MILTHORPE F. L. 1961. L'apport et la déperdition d'eau dans les régions arides et semiarides. En: Echanges hidriques des plantes en milieu aride ou semi-aride. UNESCO. Paris: 9 - 40.

MILTHORPE F. L. 1963. La evapotranspiración en zonas áridas (resumen) En: Conferencia latinoamericana sobre el estudio de las regiones áridas (Informe final). UNESCO Buenos Aires. 59 - 63.

MITCHELL K. J. 1958. The influence of temperature, on the growth of pasture plants. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium). UNESCO. Paris: 175 - 177.

MOULE G. R. 1958. The performance of sheep in semiarid Queensland. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium). UNESCO. Paris: 235-242.

NAQVI S. N. 1958. Periodic variations in water balance in an arid region. A preliminary study of 100 years rainfall at Karachi. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium) UNESCO Paris: 326 - 345.

NAZAR J., E. R. HAJEK & F. Di CASTRI. 1966. Determinación para Chile de algunas analogías bioclimáticas mundiales. Bol. Prod. anim. 4: 103-173.

OBERDORFER E. 1960. Pflanzensoziologische Studien in Chile. Flora et vegetatio mundi. Band 11. J. Cramer. Weinheim.

ODUM E. P. & H. T. ODUM. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders Philadelphia.

PETERSSSEN S. 1958. Introduction to meteorology Mc.Graw-Hill. New York.

PHILLIPIS A. DE. 1960-61. Ecologia forestale e selvicoltura generale (19 Vol.). Appunti dalle lezioni. Università degli Studi. Facoltà di scienze agrarie e forestali Firenze (mimeografiado).

PINA MANIQUE J. 1958. Zonation écologique de l'olivier au Portugal (Sommaire). Station Agronomique National (mimeografiado).

PISANO E. 1960. Mapa de formaciones vegetales. En: Geografía económica de Chile. CORFO. Tomo II. Edit. Universitaria. Santiago.

POUQUET J. 1951. Les Déserts. Presses universitaires de France. Paris.

PRESCOTT J. A. 1958. Climatic indices in relation to the water balance. En: Climatology and microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium). UNESCO. Paris: 48 - 51.

PRINCIPI P. 1953. Geopedologia. REDA Roma.

PRINCIPI P. 1955. Ecologia vegetale. REDA Roma.

QUINTANILLA V. C. 1974. Les formations végétales du Chili tempéré. Tesis. Univ. Grenoble.

QUINTANILLA V. G. 1974. La carta bioclimática de Chile central. Rev. Geogr. Valparaíso, N° 5: 33-58.

ROBERTS R. C. & C. DÍAZ. 1959 - 60. Los grandes grupos de suelos en Chile. Agr. Téc. Chile 19-20: 7 -36.

ROCHFORT REGINA 1957. Les effets du milieu sur les communautés humaines des régions arides; adaptation de ces communautés aux conditions locales de milieu. En: Human and Animal Ecology. UNESCO Paris: 11 - 42.

RODRÍGUEZ M. 1959-60. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. Agr. Téc. Chile 19 - 20: 309-399.

SAUVAGE CH. 1963. Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc. Notices explicatives Comité National Géographie du Maroc: 1 - 44.

SCHMITHÜSEN J. 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Bonner geogr. Abh. 17: 1 -89.

SCHNEIDER H. 1968. El clima del Norte Chico. Depto. Geogr. Univ. de Chile. Santiago.

SCHWABE G. H. 1951. Circulación de bioelementos y su aspecto chileno. Publ. Asoc. Agricult. Dr. Bertram Kalt. Santiago.

SCHWABE G. H. 1956. Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile). En: Forschungen in Chile. Bonner geogr. Abh. 17: 139 - 183.

SHANKS R. E. 1954. Climates of the Great Smoky Mountains. Ecology 35(3): 354 - 361.

SHELFORD V. E. 1962. Paired factors of the physical environment operating on the sensitive periods in the life history of organisms. Int. J. Biometeor. 5: 44 - 58.

TAYLOR S. A. 1961. Méthodes rationnelles de culture en sec dans les régions arides et semiarides. En: Echanges hydriques des plantes en milieu aride ou semi-aride. UNESCO Paris: 211 - 225.

THOMPSON W. F. 1958. Canal Zone Analogs VI. Analogs of Canal Zone climate in South America. Technical Report EP-97. Head-quarters quartermaster research & engineering Command. U. S. Army. Natick. Massachusetts.

THORNTHWAITE C. W. 1931. The climates of North America according to a new classification. Geogr. Rev 21 : 633 - 655.

THORNTHWAITE C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38: 55 - 94.

THORNTHWAITE C. W. 1958. Introduction to arid zone climatology, En: Climatology and Microclimatology (Proceedings of the Canberra Symposium UNESCO Paris. 15 - 22.

TOSI J. A. 1960. Zonas de vida natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el Mapa ecológico del Perú. Boletín técnico N° 5. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. OEA. Zona Andina: 1 - 271.

TREWARTHA G. T. 1954. An introduction to climate McGraw-Hill New York.

TURC L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Ann. agron. 12(1): 13-49.

UNESCO. 1958. Climatology and microclimatology. Proceedings of the Canberra Symposium. UNESCO. Paris.

UNESCO-FAO. 1963. Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. (Etude écologique de la zone méditerranéenne). UNESCO. Paris.

VERNET A. 1958. Climat et végétation. En: Climatologie. UNESCO Paris: 84 -110.

WALLEN C. C. 1963. Introducción para una discusión sobre el problema de criterios de la aridez (resumen). En: Conferencia latinoamericana sobre el estudio de las regiones áridas (Informe final). UNESCO. Buenos Aires: 55.

WALTER H. 1957. Wie kann man den Klimatypus anschaulich darstellen? Umschau N° 24. 751 - 753.

WALTER H. 1960a. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil. Standortslehre. Eugen Ulmer. Stuttgart.

WALTER H. 1960b. Ein Klimadiagramm Weltatlas. Scientia 54: 1 - 5.

WALTER H. 1962. Etude de l'influence du climat et plus particulièrement des périodes de sécheresse entre les moussons sur la végétation tropical humide de l'Inde. Programme de recherches sur la zone tropicale humide. Rapport final sur l'état des travaux. UNESCO/NS/HT/106 B. Paris (mimeografiado).

WALTER H. & H. LIETH. 1960. Klimadiagramm Weltatlas. Lieferung 1. Gustav. Fischer. Jena.

WINCKLER C. 1962. Complejo clima-suelo-flora y su relación con la densidad animal (Estudio preliminar). Tesis Univ. de Chile. Santiago.

WRIGHT CH. S. 1959 - 60. Observaciones sobre los suelos de la zona central de Chile. Agr. Téc. Chile 19 - 20:65 - 95.

WRIGHT N. C. 1959. La ecología de los animales domésticos. En: Hammond J. Avances en Fisiología zootécnica, Tomo I. Acribia, Zaragoza: 233 - 303.

Contraportada

Ningún país puede realizar un adecuado proceso de conocimiento y explotación racional de sus recursos naturales, ni otorgar condiciones satisfactorias de bienestar a su población sin un adecuado conocimiento de su clima. La importancia del clima en todos los procesos de la biosfera es innegable. Particularmente significativo es el juego de interrelaciones entre el clima y los organismos, campo que se engloba dentro de la Bioclimatología. Esta es la ciencia que comprende el estudio de las interrelaciones directas e indirectas entre el ambiente geofísico y geoquímico de la atmósfera y los organismos vivos, plantas, animales y el hombre.

Dicen los autores "...en general, la importancia de estas investigaciones naturalistas, además de sus implicaciones estrictamente científicas, se fundamenta en la consideración de que, sin un preciso conocimiento de las regiones naturales del país y de su situación ecológica y biogeográfica, no es posible una planificación de las actividades agropecuarias y una explotación de los recursos naturales que se apoyen en principios básicos racionales..."

