

# EL CLIMA CHILENO Y SU RELACION CON LA CONSTRUCCION HABITACIONAL

Gabriel RODRIGUEZ J.\*

## RESUMEN

*Se hace un análisis del clima de Chile enfocado desde el punto de vista de su efecto sobre la construcción de edificios habitacionales. Se distinguen dos grandes zonas:*

- I. de climas áridos, donde se diferencian siete climas que se caracterizan por la escasez de las lluvias y el fuerte soleamiento que obligan a proyectar edificios protegidos de la radiación solar y de suficiente inercia térmica.*
- II. de climas templados, en donde se perfilan no menos de tres climas que se caracterizan por el aumento de las lluvias, de la humedad del suelo y del aire, de los vientos y por un marcado descenso de la temperatura. Todo lo cual exige características nada fáciles de aunar en la vivienda para protegerla y transmitir a sus habitantes adecuadas condiciones de confort.*

## INTRODUCCION

El edificio debe concebirse científicamente, partiendo de datos reales, físicos y económicos, a fin de que resulte un producto de primera calidad para una civilización industrial.<sup>1</sup>

En Chile se sigue empleando el empirismo de hace varias décadas, no obstante que la técnica ha tenido que adoptar métodos modernos de construcción tendientes a exigir el máximo de posibilidades a métodos y materiales, con el mínimo de costos.

---

\*Investigador del Laboratorio de Calor, IDIEM y Profesor de Aislación de Edificios, Departamento de Obras Civiles, Universidad de Chile.

Es así como grandes y delgadas láminas de yeso, asbesto-cemento, maderas sintéticas, plásticos, metales, vidrio y otros elementos prefabricados, simples o compuestos, reemplazan hoy a voluminosos muros, cielos y pisos de ayer. ¡Tendemos hacia la casa de papel! ... Ello sería perfectamente legítimo siempre y cuando las finalidades y cualidades de la vivienda, lejos de alterarse desfavorablemente<sup>2,3</sup>, se mejoraran. No es así desgraciadamente. Pareciera que los profesionales de la construcción hubiesen olvidado una de las finalidades más importantes de la vivienda: proteger al hombre de un medio ambiente exterior que le es inhóspito.

Lo dicho hasta aquí es tan evidente, que ya estamos palpando sus consecuencias, aun cuando estos nuevos materiales y sistemas constructivos a que hacemos referencia, sólo llevan algunos años desde que se están empleando.

El acelerado deterioro físico que esta problemática está produciendo en la vivienda misma (perfectamente solucionable si se le dedica la debida atención), el alza constante de la tasa de mantención que por ende se origina, la incomodidad o falta de confort para sus habitantes por exceso de humedad o de calor en verano y de frío en invierno<sup>4</sup> y, en suma, las consecuencias biológicas y psicológicas que todo este complejo trae consigo, están produciendo una sangría a nivel nacional que resiente cada vez con mayor evidencia nuestra economía.

El clima es, sin duda, el factor externo más importante que es necesario conocer para proyectar un edificio que, aparte de ser poco afectado por él, proteja o transfiera a su interior las adecuadas condiciones de temperatura, humedad, movimiento del aire, ventilación, luz, etc., que son necesarios para que sus habitantes se desenvuelvan con adecuada comodidad. Aparte de ello, obviamente, el edificio no debe agregar nuevos peligros o problemas. Por lo tanto, debe ser asísmico, incombustible, incorroible, silencioso, etc.

Así pues, el estudio del clima es uno de los factores que nos dará útiles directivas respecto a las especificaciones que debe tener un proyecto en cuanto a soluciones constructivas, orientación, tipo de materiales, protecciones, aislación térmica, etc.<sup>2,3,4</sup>.

Chile posee, desde este punto de vista, una pronunciada variedad de climas, para cada uno de los cuales podrían darse directivas comunes respecto a la construcción habitacional. Ya que el país presenta extensas zonas casi inhabitadas, tanto en el extremo norte como en el sur, los estudios pueden reducirse sólo a las zonas de mayor densidad poblacional. La distribución de la población se presenta en la Fig. 1.

A corto plazo veríamos los frutos de tal política. Ya no se construiría un mismo edificio en la costa o en la cordillera, en el norte o en el sur, como hoy se hace. Se alargaría la vida útil de los edificios, se disminuirían sus gastos de mantención, se ahorraría por concepto del oneroso aire acondicionado que se suele colocar desde la zona central al norte, y una cantidad apreciable de combustible y aparatos de calefacción en el centro y el sur. El confort traería aparejados mayor rendimiento en el trabajo, en el estudio o en el descanso y se

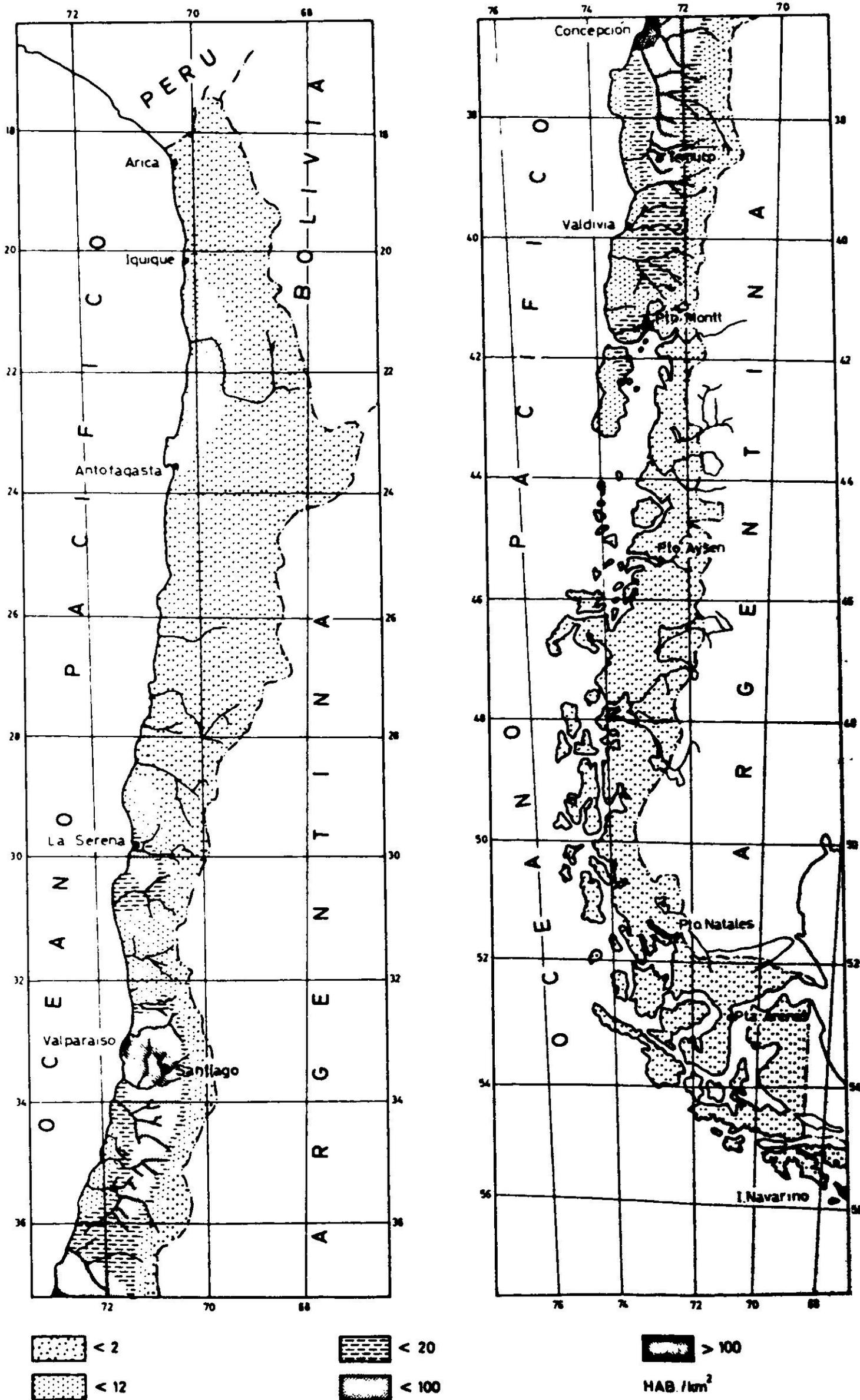


Fig. 1. Mapa poblacional de Chile basado en referencia 11. Densidad en habitantes por kilómetro cuadrado.

mejoraría notoriamente el promedio de salud de la población.

Planteadas así las cosas echaremos una rápida ojeada al clima de Chile y su posible influencia global en la construcción.

### GENERALIDADES<sup>5</sup>

Chile es un país de geografía muy peculiar. Dos cadenas de montaña de varios miles de kilómetros dejan un estrecho valle entre ambas. Allí o en la costa se construye la mayoría de las ciudades. En efecto, las planicies sólo ocupan una quinta parte de su superficie y a la inversa de lo que generalmente sucede en otros países andinos, la población se agrupa en las zonas bajas, inferiores a los 700 m sobre el nivel del mar. Sólo un 10% vive sobre los 2000 m, en lugares muy específicos debido a la existencia de establecimientos mineros o termales. El mar baña un litoral de una extensión que va desde los 18° hasta los 56° de latitud (no contamos el Territorio Antártico) en una dirección sensiblemente norte-sur, representando una longitud de más de 4200 km. El ancho medio no pasa los 170 km, lo que significa apenas 1/25 de su longitud.

El clima, en general, es suave debido a la acción temperante del mar y a la muralla protectora de la cordillera de los Andes. La corriente fría de Humboldt y la del Cabo de Hornos son responsables, en gran medida, de una inversión térmica, negativa para la zona norte y positiva para la del sur, como se ve en la Fig. 2. Las temperaturas teóricas medias comparadas con las reales se muestran en la Tabla I.

TABLA I

#### COMPARACION ENTRE TEMPERATURAS TEORICAS Y REALES

Localidad más aprox.	Iquique	Coquimbo	Valdivia	Pto. Natales
Latitud sur	20°	30°	40°	50°
Temperatura teórica	23.1°	18.1°	12.0°	5.7°
Temperatura real	18.3°	14.4°	11.8°	6.8°
Diferencia	+ 4.8°	+ 3.7°	+ 0.2°	- 1.1°

Esta inversión beneficiosa hace que el norte sea más frío de lo que le corresponde y el sur más caliente. Pero tal vez, más importante que nada es, para nuestro propósito, la notable oscilación diaria\* que experimenta nuestro territorio desde Bío Bío al norte. En efecto, aquélla llega a ser para algunas zonas habitadas del orden de los 25°C. Esto es vital para fijar criterios de inercia térmica\*\* en la construcción habitacional.

Las corrientes marinas mencionadas modifican también el régimen de vientos, los que inciden de manera importante en el clima del país.

\*Oscilación diaria (ver apéndice 1).

\*\*Inercia térmica (ver apéndice 2).

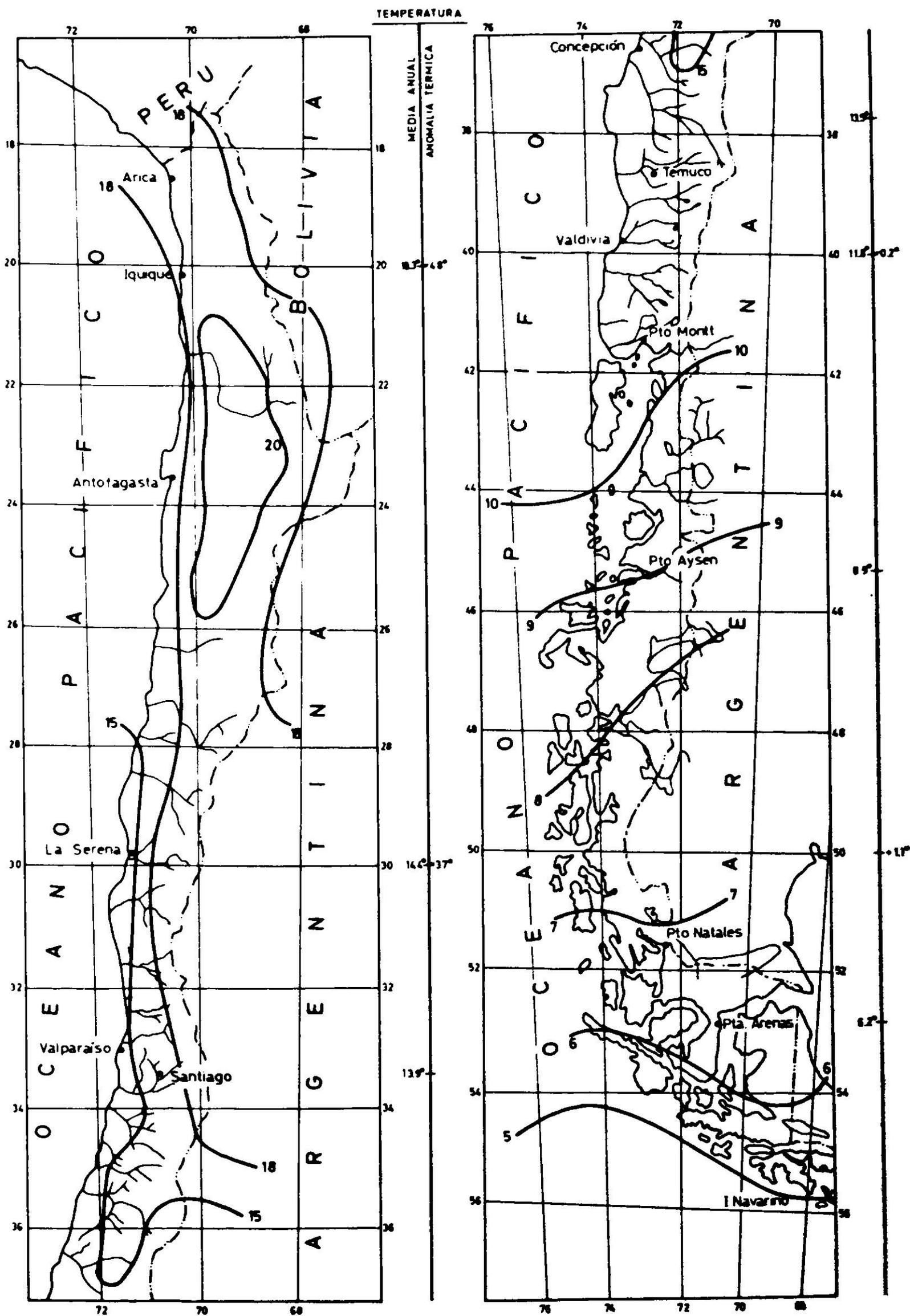


Fig. 2. Isotermas anuales de Chile e inversión térmica. Basado en referencia 5. Valores en grados Celsius.

La fuerte evaporación en el inmenso Pacífico produce gran cantidad de nubes que se desplazan hacia el continente, encontrándose con corrientes convectivas al llegar a la costa que suelen modificar su curso.

La precipitación por estas y otras causas que complican el esquema, si bien va aumentando de norte a sur, no es totalmente pareja ni relativamente constante de año en año<sup>6</sup>. Hay marcados períodos de sequía o lluvia, en tanto que la topografía y condiciones regionales crean numerosos microclimas. No obstante, la precipitación aumenta a grandes rasgos con la latitud, según se muestra en la Tabla II.

TABLA II  
PRECIPITACION ANUAL SEGUN LA LATITUD GEOGRAFICA

Localidad más aprox.	Iquique	Coquimbo	Valdivia	San Pedro
Latitud	20°	30°	40°	48°
Precipitac. anual mm	25	114	2510	4076

De mar a cordillera, las precipitaciones se producen de preferencia en el lado occidental de las montañas<sup>7</sup>, efecto que se ilustra en la Fig. 3.

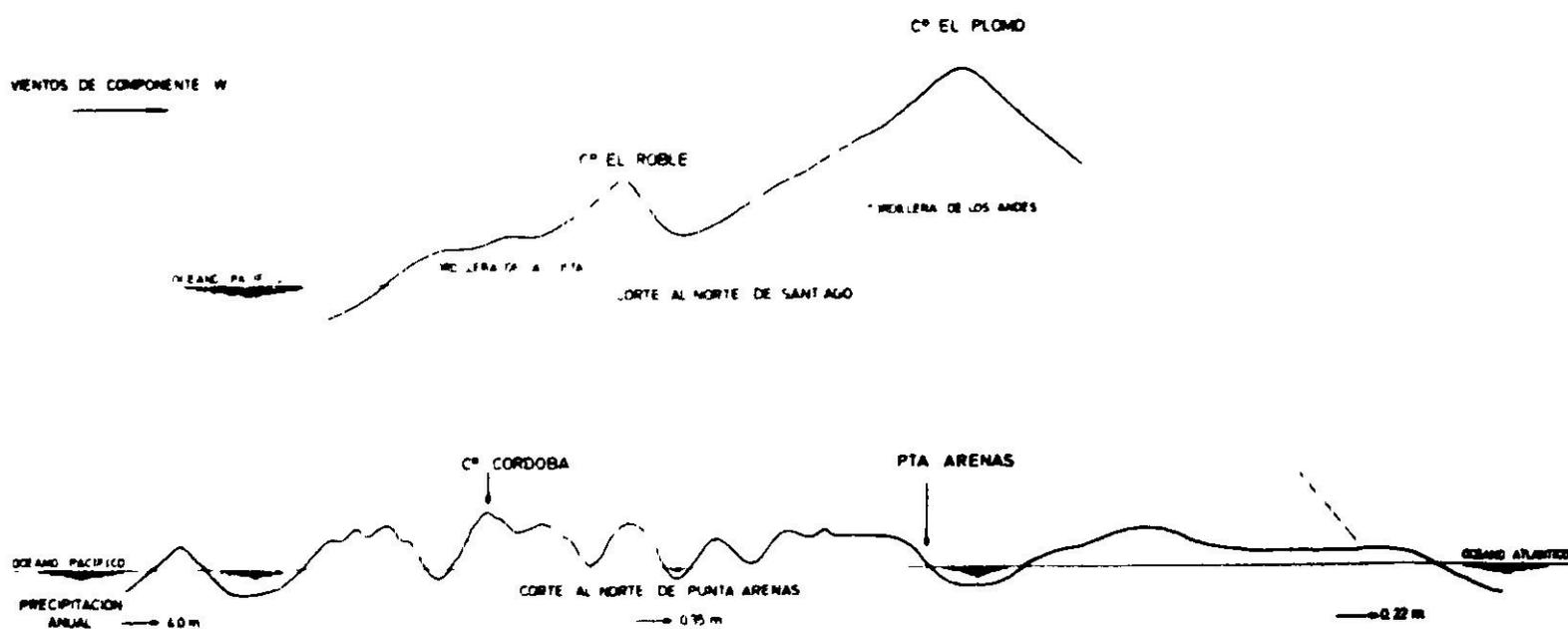


Fig. 3. En general, a lo largo del país, las lluvias precipitan mayor cantidad de agua por el flanco occidental de los cordones montañosos.

En cuanto a la humedad ambiente, que también juega un papel importante en el comportamiento de la vivienda, no obstante no tener datos adecuados, podemos decir que crece de norte a sur y decrece de mar a cordillera<sup>8</sup>.

En resumen, si bien el estudio del clima es complejo, ello no impide fijar ciertos criterios, sujetos a posterior perfeccionamiento, tendientes a ser considerados para los proyectos y cálculos en la construcción habitacional.

## ZONAS CLIMATICAS\*

Tomando en cuenta el conjunto de los factores geográficos y meteorológicos del país, se le puede clasificar en las siguientes zonas: zona de climas áridos y zona de clima templado, según se muestra en Fig. 4.

### I. Zona de climas áridos.

Comprende desde el límite con el Perú hasta el valle del Aconcagua. Esta zona se caracteriza por una baja precipitación que va desde 1.1 mm para Arica hasta 126 mm para Ovalle. Es una superficie enorme, ya que ocupa casi el 40% del territorio nacional, no obstante, es relativamente poco habitada.<sup>11</sup>

Es conveniente hacer notar que esta zona muestra varios climas que es necesario tener presente para nuestro propósito.

- a. **Clima desértico costero.** Va desde Arica hasta el norte de la Serena por la costa en un ancho que no pasa de los 50 km. Abarca las cadenas de la cordillera de la costa y la sostiene longitudinalmente la isoterma anual de 18°C que penetrando desde el Pacífico al sur de Arica no la deja hasta el sur de Copiapó, en donde penetra la de 15° que corre hacia el sur por la costa. La amplitud u oscilación, tanto diaria como anual, es pequeña. La precipitación anual es muy débil (unos pocos milímetros) con numerosos años totalmente secos. Por el contrario, la humedad es muy alta produciéndose con gran frecuencia espesas neblinas (camanchacas). La nubosidad es abundante despejándose por lo general después de mediodía. La vegetación es nula o muy pobre. En esta región se encuentran las principales ciudades del norte: Arica, Iquique, Tocopilla, Antofagasta y Taltal. Prácticamente no hay población rural. (Sólo 7% para las provincias del Norte Grande).
- b. **Estepa cálida y húmeda.** Siempre bordeando la costa hacia el sur encontramos esta zona que termina en el río Aconcagua y de no más de unos 30 km de ancho, si bien suele penetrar más profundamente en los valles que abren los ríos en su camino hacia el mar. La sostiene la isoterma de 15° y como en a) con muy poca oscilación diaria y anual. La nubosidad, neblinas y camanchacas son más abundantes y mojadoras, por lo cual crece algo la precipitación pluvial.

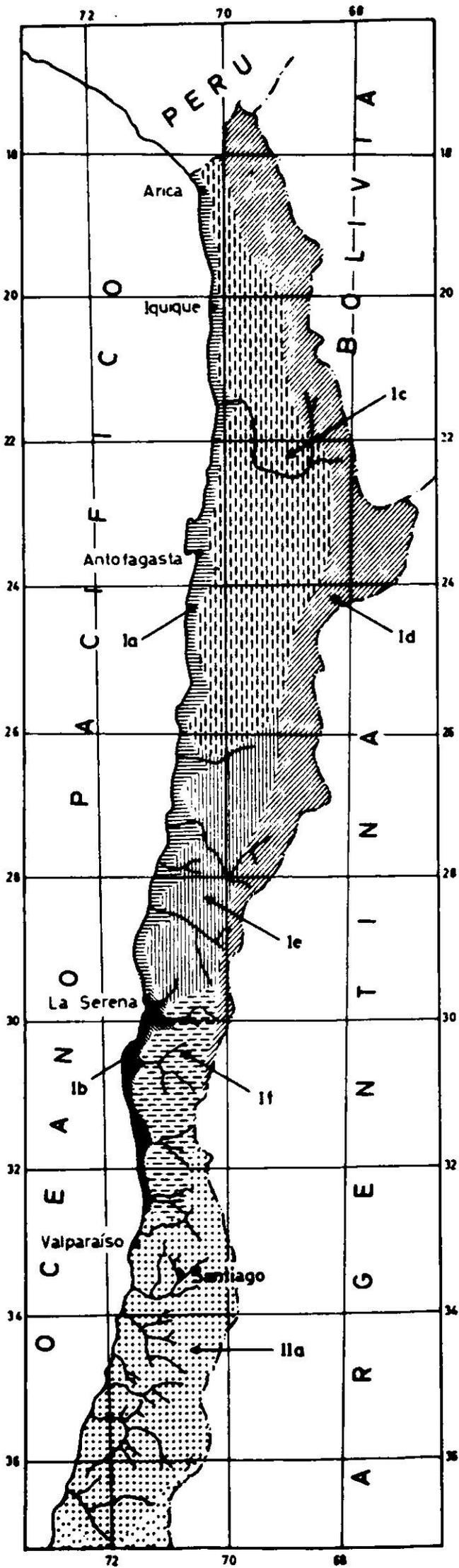
La población se eleva paulatinamente hacia el sur de Huasco, mostrando un máximo en Coquimbo—La Serena, con promedios de entre 20 y 100 habitantes/km<sup>2</sup>, para luego volver a decrecer. Vemos entonces que La Serena ofrece un primer sector importante para un estudio zonal, aunque algo pequeño y aislado.

### Generalidades de la construcción en regiones Ia) y Ib).

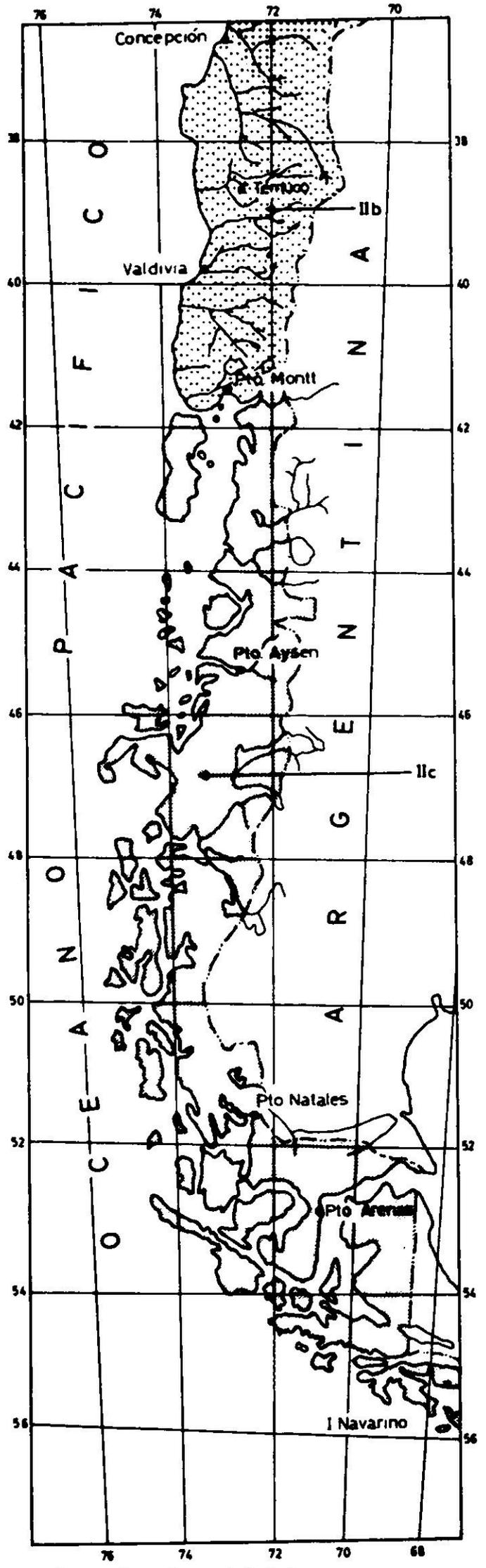
Siendo la principal característica climática la regularidad de la temperatura (poca

---

\*Hay varios criterios que permiten hacer diversas clasificaciones. Nosotros, para la presente, nos hemos basado en las referencias 5, 9 y 10.



- Ia = Desértico costero
- Ib = Estepa cálida y húmeda
- Ic = Desierto
- Id = Desértico de altura
- Ie = Desértico marginal bajo



- IIa = Mediterráneo
- IIb = Templado cálido lluvioso
- IIc = Templado frío-lluvioso

Fig. 4. Tipos de climas más importantes descritos en el texto, basado en referencias 5, 9, 10.

oscilación diaria) y lo agradable de ella,  $18^{\circ}\text{C}^*$  como temperatura media anual, no es necesario grandes precauciones en cuanto a la aislación térmica, siendo suficiente el uso de muros perimetrales corrientes. La inercia térmica tampoco exige cuidados especiales, pudiendo usarse elementos prefabricados con libertad. En cuanto a la techumbre, las pendientes pueden ser débiles aunque no horizontales, pues en el verano suelen producirse, en la parte norte, aguaceros cortos pero abundantes. (En Arica en 20 años se han registrado 22 mm, 10 de los cuales cayeron en un día).

Puesto que la nubosidad, por lo general, se mantiene hasta medio día, no son de cuidar el soleamiento y ventanales hacia el E, y por su latitud, tampoco los del N (sólo con sol en invierno) y S. Sin embargo, habrá que proteger muros y ventanales hacia el W, en que el soleamiento es inclemente. Respecto a las cubiertas (por esta misma razón) sería de desear que fuesen brillantes o claras para máxima reflexión del sol. Asimismo es conveniente la aislación térmica en el entretecho.

Otras recomendaciones para estas zonas son: protección de maderas contra termitas que se desarrollan en este clima, protección de materiales contra la humedad y salinidad del aire (corrosión de metales), confección de hormigones con control de sales, especialmente cloruros, que abundan en aguas y agregados pétreos, factores que se concomitan para producir fuertes corrosiones en las armaduras del hormigón y estructuras metálicas a ras del suelo, lo que constituye un peligro para la estabilidad del edificio a pocos años de dicha acción.

Los vientos en esta zona son más bien moderados, generalmente en dirección alrededor de W, lo que hace necesario elegir la orientación y proyectar la configuración adecuada, especialmente en las cercanías de la costa misma, pues dichos vientos arrastran arenas de playas o dunas que por ello son muy molestas.

De norte a sur y hacia el interior se distinguen los siguientes climas:

- c. Desierto propiamente tal. Ocupa la depresión central o intermedia comprendida entre la cordillera de la costa y los primeros faldeos de los Andes. Por el norte, la parte chilena llega hasta el límite con el Perú y por el sur, aproximadamente a los  $26^{\circ}$  de latitud, hasta la línea que une Potrerillos y Chañaral.

Si bien es cierto que esta región climática tiene muy escasa población ( $< 2$  habitantes/ $\text{km}^2$ ) contiene importantes centros mineros, tanto en la Pampa del Tamarugal (María Elena y Pedro de Valdivia) como en la precordillera (Chuquicamata).

Se caracteriza por la sequedad de la atmósfera (10 a 60% de humedad relativa), obviamente por la falta total de lluvias, excepto al interior de Arica, donde en verano suelen caer algunos chubascos productos del invierno

---

\*La temperatura de confort, para humedades normales, se considera comprendida entre  $18$  a  $20^{\circ}\text{C}$ , de modo que aquellos lugares que tienen estas temperaturas medias y poca oscilación alrededor de ellas, no necesitan artefactos especiales de calefacción o refrigeración, siempre y cuando los edificios habitacionales sean inteligentemente proyectados y ejecutados.

*boliviano*, en todo caso en promedio muy bajo. Contiene la isoterma de 20°C que se cierra alrededor del Desierto de Atacama. Las oscilaciones térmicas son muy fuertes, alrededor de 20° en verano y cerca de 30° en invierno. En la precordillera es común que el agua se hiele durante las noches\* y la temperatura suba  $\approx$  a 30° durante el día. Ello debido a la claridad de la atmósfera, durante casi todo el año, lo que permite un fuerte soleamiento durante el día y una gran pérdida de calor por radiación durante la noche, como se puede apreciar en la Fig. 5<sup>12</sup>.

A medida que se asciende en altura es natural que la temperatura promedio\*\* baje y que se produzcan lluvias en la cordillera al chocar las masas de aire cálido con temperaturas por debajo del punto de rocío.

- d. **Clima desértico marginal de altura.** Se produce por encima de los 3000 m de altura y pese a ser muy severo, para nuestro propósito no tiene importancia, pues allí no hay prácticamente población alguna.

Naturalmente la escasez de agua en el desierto impide siquiera pensar en la vegetación como medio de sombra o urbanístico. No obstante, hacia la cordillera de los Andes hay una cierta respuesta vegetal en aumento hasta los 400 m y lo mismo puede decirse en general de N a S, debido al aumento de la pluviosidad<sup>13</sup>.

Es bueno destacar aquí que el desierto propiamente tal contiene numerosos oasis, quebradas y un río importante: el Loa (440 km de longitud, el más largo de Chile). En sus inmediaciones florece la pequeña agricultura<sup>14</sup> formándose a sus alrededores verdaderos microclimas\*\*\*, en los cuales, debido a la vegetación, se produce un aumento de la humedad ambiente, suavizando así la inhospitalidad del desierto.

- e. **Clima desértico marginal bajo.** Siguiendo la depresión intermedia hacia el sur de Pueblo Hundido, se encuentra esta región que tiene características algo menos severas que el desierto, debido a que hay más precipitaciones, y la cruzan ríos importantes, conformándose valles transversales cada vez más extensos y de vegetación arbórea cada vez más robusta.

- f. **Clima desértico de gran heliofanía.** Los valles anteriores constituyen la siguiente región de clima que empezando aproximadamente en la cuenca del río Elqui, termina finalmente en el río Aconcagua<sup>15, 16</sup>.

A los climas e) y f) les cruza longitudinalmente la isoterma de 18°C que había partido al sur de Arica por la costa. En estas regiones la principal característica es la diafinidad de la atmósfera, ya que las camanchacas y nubosidades costeras no logran persistir una vez traspasada la cordillera de la costa.

\*Esto se está aprovechando por la desalinización de aguas en Calama, estudios que realiza el Departamento de Mecánica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

\*\*No obstante, en algunas zonas del país la depresión central presenta una notable inversión térmica transversal.

\*\*\*Los microclimas son pequeñas áreas o lagunas climáticas cuyas características no corresponden a la de la región que las encierra. En Chile hay muchos microclimas y por nombrar uno característico valga el que encierra el Parque Nacional de Fray Jorge, al sur de la Serena.

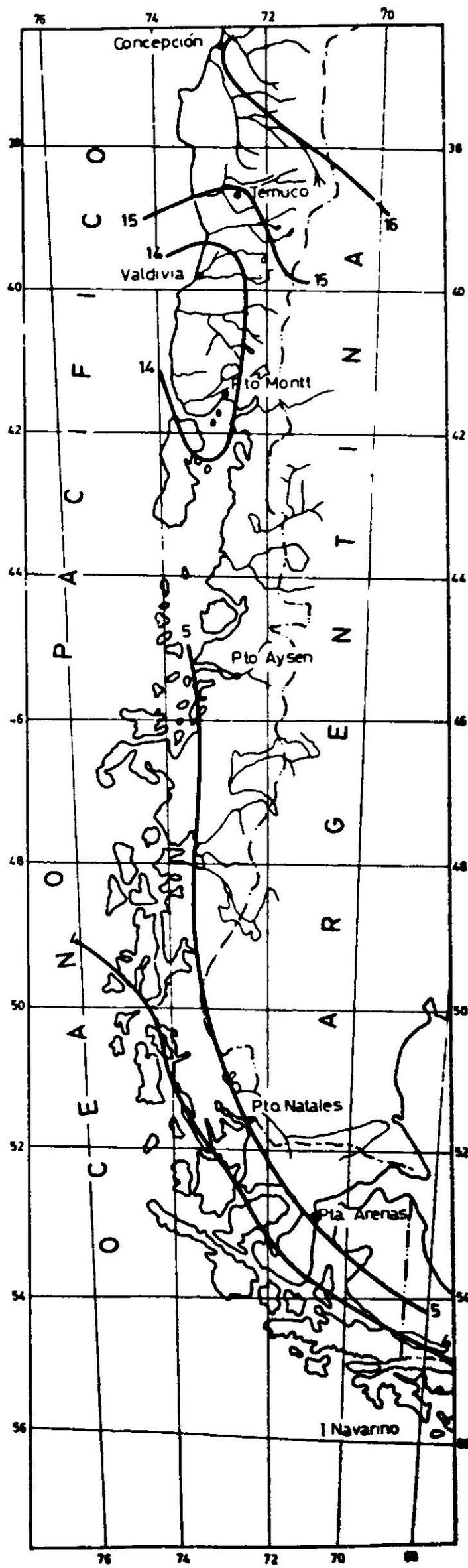
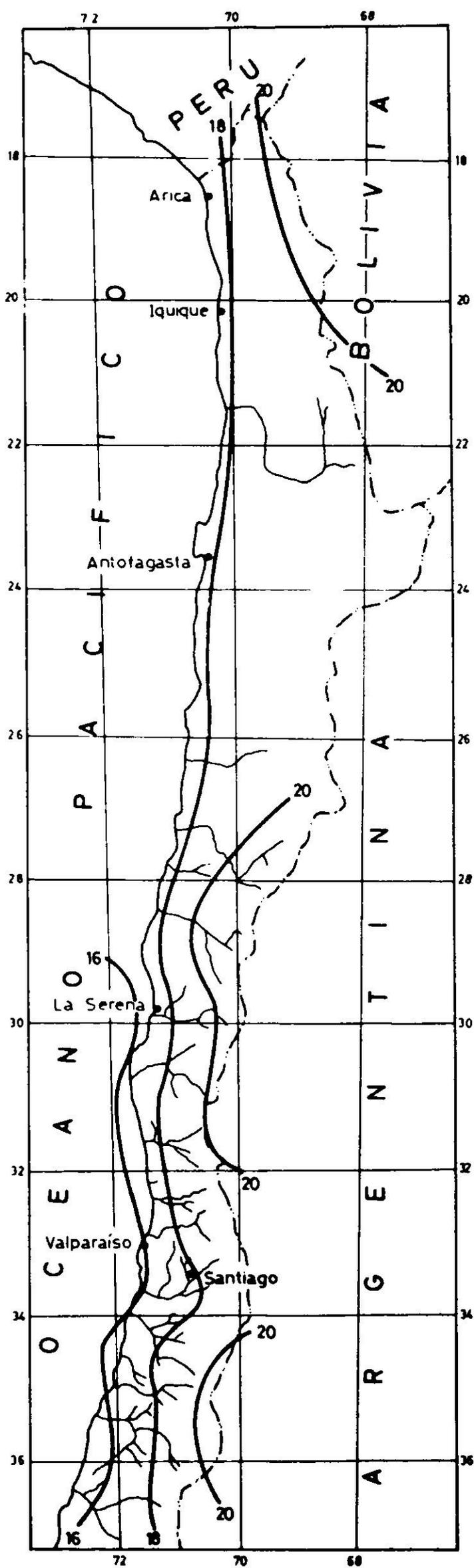


Fig. 5. Radiación solar media del mes más caluroso, enero. Referencia 12. Valores en kcal/cm<sup>2</sup>.

Por ello la temperatura presenta una gran oscilación diaria manteniéndose el clima seco.

Las lluvias, escasas en Copiapó (25 mm), van aumentando hacia el sur hasta llegar a 240 mm en La Ligua. En estas zonas ya no se producen eventuales tormentas de verano y los inviernos son más o menos regulares aunque extremadamente cortos.

### **Generalidades de la construcción en las regiones de clima Ic), Id), Ie) y If)**

En estas zonas aún no es necesario poner especial hincapié en la aislación térmica dada la temperatura media de 18–20°C (Apéndice 1). En cambio es importante la inercia térmica por las razones apuntadas de gran heliofanía. Cuanto más hacia la cordillera se edifique mayor masa global de edificio es necesaria. Aparte de ello, se pondrá especial interés en disminuir el impacto térmico solar con protecciones y diseño adecuado: aleros generosos E y W, ventanas y superficies vidriadas pequeñas hacia el E y W. Perímetros soleados reducidos, cubiertas reflectantes, entretecho aislado, colores exteriores blancos o claros, envolventes de gran inercia térmica, quedando, por consiguiente, muy limitado el uso de prefabricados livianos.

Hacia el sur convienen cubiertas con pendientes más pronunciadas ( $\approx 15^\circ$ ) pudiéndose explotar más el uso de sombras verdes (vegetación arbórea).

Los vientos no son intensos en los valles (áreas habitadas) teniendo direcciones propias según su configuración (zonda, puelche, travesía), no obstante conviene tenerlos presente para el proyecto.

Las heladas se producen hacia la zona precordillerana, por lo que se aconseja algunas medidas en defensa de eventuales condensaciones.

## **II. Zonas de clima templado**

Desde nuestro punto de vista es la más importante por la alta densidad de población que presenta, Fig. 1

Se extiende desde el río Aconcagua hasta prácticamente el Estrecho de Magallanes, exceptuando la parte cordillerana de las dos últimas provincias sureñas. Esto involucra unos 400.000 km<sup>2</sup>, o sea, el 55% del territorio chileno americano.

Puede subdividirse en dos grandes zonas: la que comprende la parte continental, desde Aconcagua al Canal de Chacao, y la de la Región de los Canales, desde Chiloé hasta el Estrecho de Magallanes.

En general ofrece un clima templado que va desde uno de tipo mediterráneo en el norte hasta uno frío húmedo en el sur. Las isotermas anuales mantienen su dirección longitudinal cruzando el territorio hasta el Bío Bío: por el oriente la de 18° y por el occidente la de 15°. De allí hacia el sur se hacen perpendiculares al eje del país cruzando de mar a cordillera; por ejemplo, la isoterma de 10° cruza a la altura de Chiloé y la de 5° a la altura del Cabo de Hornos, Fig. 2.

Las lluvias crecen de Aconcagua al sur: 356 mm en Santiago, 721 en Talca,

1320 en Concepción, 1840 en Puerto Montt, 2973 en Puerto Aysén para llegar a un máximo en la latitud  $47^{\circ} 43'$  (San Pedro) con 4076 mm. De allí baja hasta Punta Arenas donde se registran sólo 440 mm<sup>17</sup>. En la Fig. 6 se presenta el mapa de precipitaciones anuales<sup>17</sup>.

Toda la zona se caracteriza por una abundante vegetación, natural respuesta al agua caída, favorecida por una temperatura que decrece lentamente hacia el sur<sup>13</sup>.

Esta característica es importante desde el punto de vista urbanístico, pues ofrece grandes posibilidades para las áreas verdes sin grandes problemas de mantención y renovación, como asimismo la posibilidad, ajena a la vivienda misma, de brindar pantallas arbóreas de protección contra el soleamiento y los vientos.

En estas zonas se distinguen los siguientes diversos climas:

- a. **Clima mediterráneo.** Desde el valle del Aconcagua hasta la cuenca del río Itata por el sur. La temperatura que es del orden de  $14^{\circ}$  varía ligeramente de norte a sur y algo más de mar a cordillera produciéndose una notable inversión. No obstante más importante que la variación de la media es la oscilación diaria que siendo inferior a  $9^{\circ}$  en Valparaíso, a pocos kilómetros de allí, en Quilpué, sube a  $17^{\circ}$ , y a casi  $20^{\circ}$  en Los Andes. Esta oscilación decrece paulatinamente hacia el sur, pero en el valle del Aconcagua y del Maipo éstos y otros factores climáticos tienen enorme incidencia, pues aquí se encuentra la más alta densidad humana del país que es superior a los 100 habitantes/km<sup>2</sup>, Fig. 1.

Por otra parte la pluviosidad, como es normal, aumenta hacia el sur desde 356 mm en Santiago hasta 1025 en Chillán. No obstante la costa es más lluviosa que el valle central y más aun lo es la cordillera de los Andes. Sin embargo, esta agua cae en sólo cuatro meses del año, que constituyen en realidad, un corto invierno.

De mayo a octubre se producen fuertes heladas (excepto en la costa) que acarrear serias condensaciones en entretechos y muros mal aislados.

Los vientos predominantes son los del SW aunque en la época de lluvias se registran fuertes vientos del N y en la costa vientos del W. En las mañanas veraniegas se registran suaves brisas del E, Fig. 7.

La costa y la parte sur es húmeda aunque no en extremo, pero lo suficiente para tomar providencias constructivas. Los terrenos bajos del sur (Concepción), suelen contener suelos húmedos, que producen serios problemas por ascensión capilar e higroscopicidad, lo que, de no tomarse medidas preventivas, se traduce en putrefacción de pisos y maderas, corrosiones y oxidaciones metálicas, empeoramiento de la aislación térmica, etc.

### **Generalidades de la construcción para el clima II a.**

Desde luego la mayor pluviosidad exige pendientes mayores que  $15^{\circ}$  en el norte y unos  $20^{\circ}$  en el sur sumado a más generosos desagües. Agréguese a ello mejor

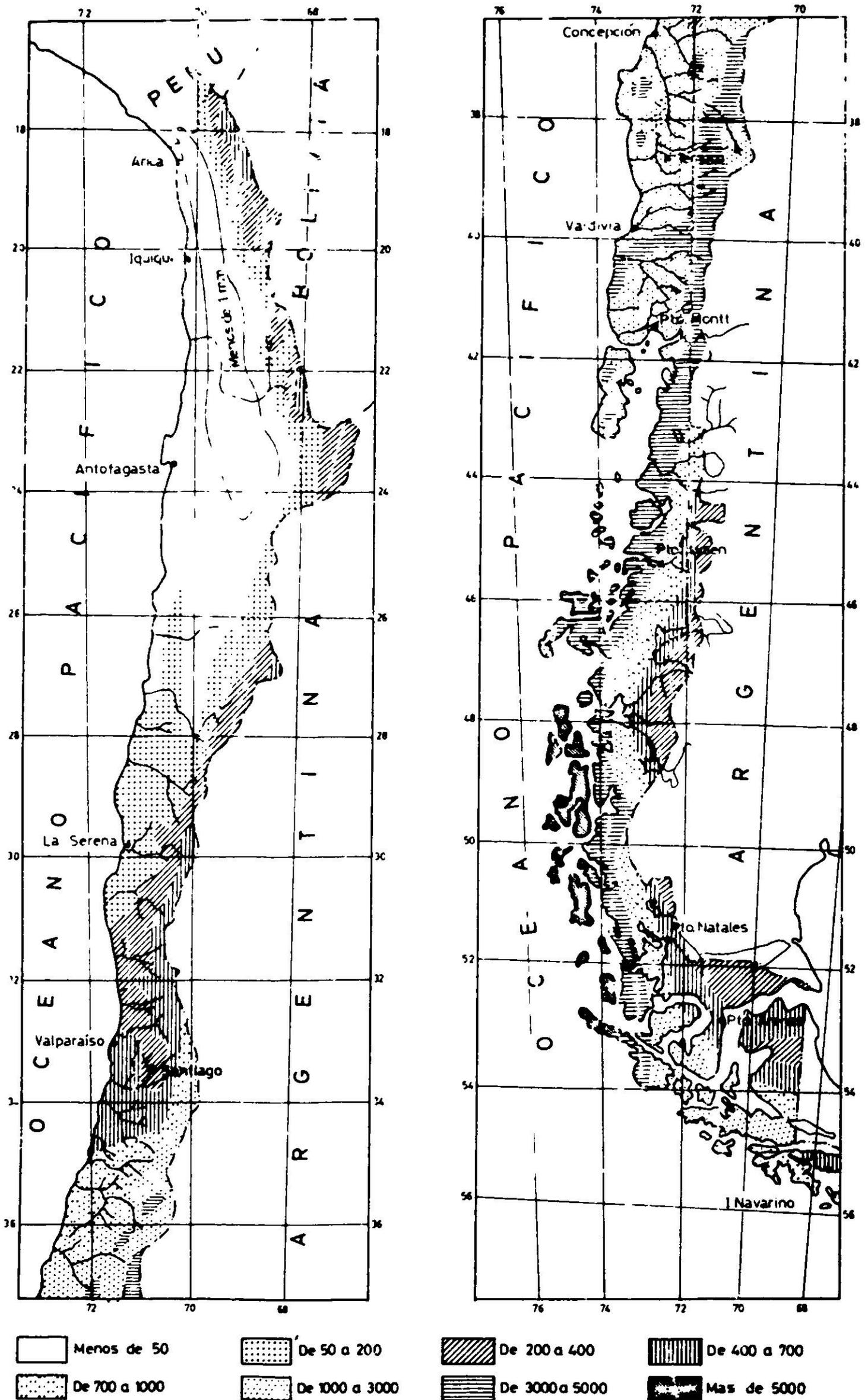


Fig. 6. Mapa de precipitación media anual de Chile, según 17. Recuerdese que 1 mm de agua caída equivale a 1 litro por metro cuadrado.

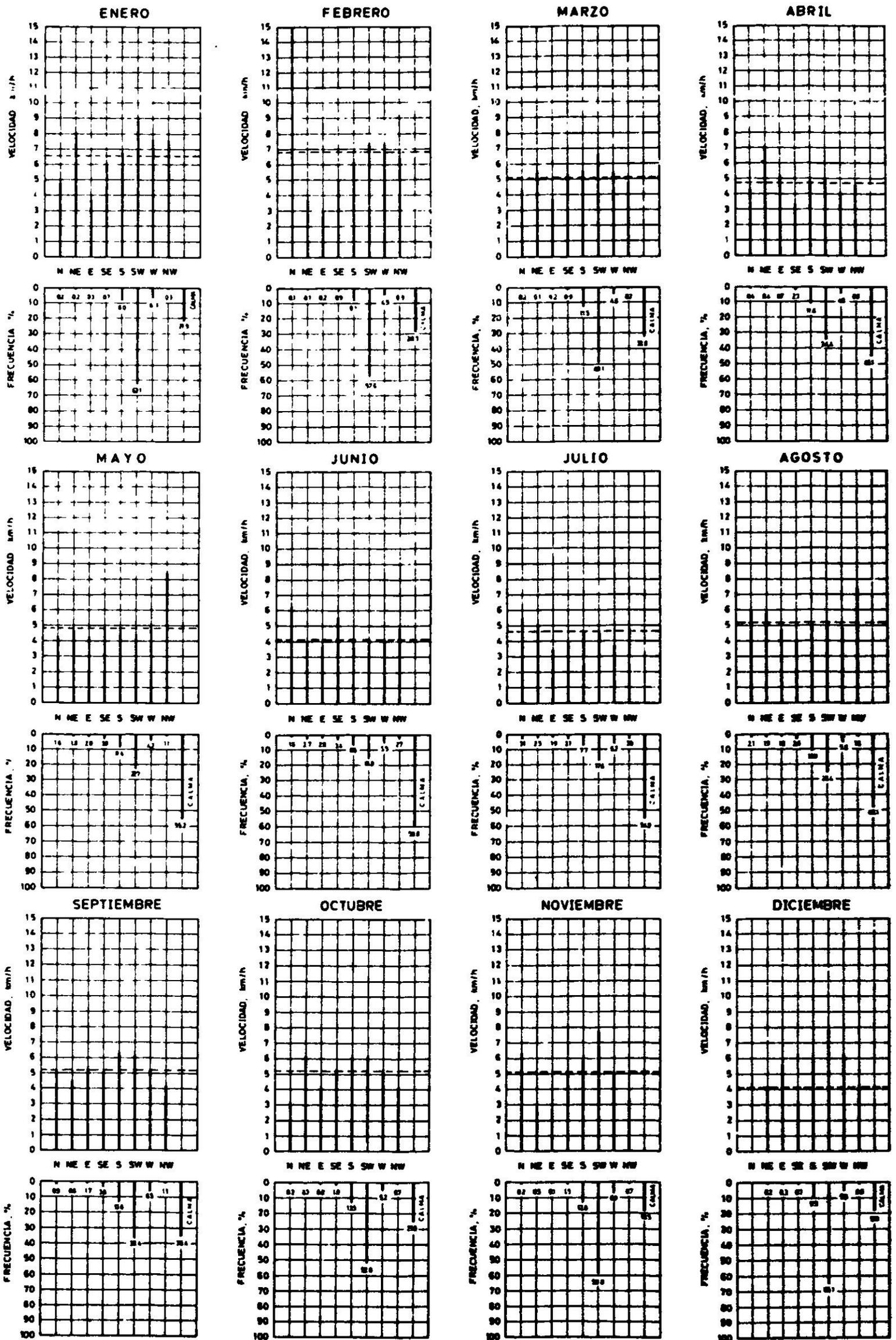


Fig. 7. Registro de los vientos para Santiago (Quinta Normal) durante los doce meses del año, para las ocho direcciones principales de la rosa de los vientos. Basado en los datos de FACH<sup>19</sup>. Promedio años 1944-1967.

protección contra las humedades del suelo y en la zona de heladas protección contra las condensaciones. Hacia el valle y la precordillera debe aumentarse paulatinamente la masa, en pos de una mejor inercia térmica a la vez que debe crecer la protección solar en techos y en muros al E y W. La aislación térmica no debe faltar en la techumbre y en los muros no debe ser inferior al equivalente de 20 cm. de ladrillo. Hay que prestar debida atención a los *suelos fríos*<sup>2</sup>. Debe proyectarse posible instalación de calefacción.

b. Clima templado cálido lluvioso. Se extiende desde la hoya del Bío Bío hasta el Canal de Chacao. Como se dijo, las isotermas anuales se deslizan de este a oeste. Las temperaturas medias van desde 13° en Concepción hasta 11° en el Canal de Chacao.

Si bien las temperaturas medias son más bajas que en la zona II a), se producen temperaturas de punta más altas en verano y más bajas en invierno. Por ejemplo se han registrado temperaturas de 40.5° en Traiguén, 41.6° en Los Angeles, 38° en Temuco y 36° en Valdivia. En invierno: -4° en Contulmo, -3° en Concepción, etc.

La oscilación diaria ya no respeta la costa como en la zona central: 15° en Concepción, 16° en Contulmo y no menos de 10° en puerto Domínguez. En la cordillera es más aguda aun. Las heladas son frecuentes, excepto en la costa y alrededor de los lagos.

La pluviosidad es alta y variable: 2000 mm en Toltén, bajando hacia el norte; de 2000 a 3000 en el valle central hasta Puerto Montt y sobre 4000 mm en la zona cordillerana de los lagos y zona costera al sur de Valdivia, Fig. 6.

La nubosidad es alta en invierno y la media alcanza 5.7 décimas en el extremo sur de esta subzona<sup>8</sup>.

Es importante hacer notar que está relativamente bien poblada y en gran medida lleva el peso agrícola e industrial del país. Tiene dos núcleos densamente poblados: área de Concepción con más de 100 habitantes/km<sup>2</sup> y una lengua densa ( $\approx 20$  habitantes/km<sup>2</sup>) que se prolonga por el centro hasta Loncoche. Un segundo núcleo pequeño de este último orden existe en el área de Puerto Montt. La franja costera y cordillerana presenta una densidad inferior a 12 habitantes/km<sup>2</sup>.

Desde esta zona hacia el sur, en forma creciente y paulatina, las condiciones climáticas empeoran haciéndose cada vez más severas, exigiendo del edificio habitacional cualidades nada fáciles de cumplir, sobre todo en la vivienda económica.

### **Generalidades de la construcción para el clima II b.**

Cubiertas con pendientes superiores a 25°. Buenos desagües. Protecciones contra las humedades del suelo y del ambiente. Atención a las heladas frecuentes de mayo a octubre. Aislación térmica en el entretecho y muros y barreras de vapor para evitar condensaciones. Protección contra lluvias con viento N y W. Pisos aislados térmicamente. No descuidar una inercia moderada en las partes de mayor oscilación diaria. Instalación obligada de calefacción. En la costa protección

contra los vientos de componente W. En la precordillera cuidado con la carga de nieve en invierno.

- c. **Clima templado-frío lluvioso.** Es el que sigue hacia el sur, después del Canal de Chacao. Zona de islas, archipiélagos y canales, con influencia marcadamente marítima. La mayor importancia la tiene Chiloé con una densidad poblacional de entre 2 y 12 habitantes/km<sup>2</sup>. El resto no ofrece interés zonal sino más bien puntual, siendo importantes Coyhaique, Aysén, Puerto Natales, Punta Arenas, etc.

En Chiloé la precipitación es alta, 2438 mm en Ancud. La nubosidad es abundante. Durante el año no hay ningún mes seco. Los vientos de componente W son fuertes y frecuentes. La temperatura media es del orden de 10°C y la oscilación anual y diaria es baja. La humedad del suelo y del ambiente es alta.

Hacia el sur las condiciones se agravan aun más, especialmente en lo referente a las lluvias y vientos. El grueso de las lluvias cae en la parte oeste decreciendo fuertemente hacia el interior, Fig. 3.

Hacia la zona cordillerana y sur, la nieve empieza a ser el modo normal de precipitación durante los meses fríos.

#### **Generalidades de la construcción para el clima II c).**

Valen aquí, en forma acentuada, todas las recomendaciones dadas para el clima II b), exceptuando aquellas debidas a las heladas que no se producen en la parte marítima, ni las correspondientes a protección solar ya que aquí el sol, si lo hay, es siempre deseable. En cambio deben extremarse las medidas respecto al suelo húmedo y a las lluvias con viento N y componente W, usando fuertes pendientes de cubierta, desagües e impermeabilizaciones eficientes. Deben calcularse adecuados márgenes de carga a causa de las nevadas hacia el E y S de la región.

En fin, no hay que olvidar los estragos causados por las humedades de todo tipo y tener presente que, siendo las temperaturas tan bajas, la calefacción es de uso obligado prácticamente durante todo el año.

### **CONCLUSIONES**

En resumen, como se ha visto, se distinguen no menos de diez zonas climáticas\* claramente diferenciadas que tienen interés desde el punto de vista habitacional. Cabe hacer notar, como se desprende del texto y del estudio de la bibliografía pertinente, que hay muchos otros climas especialmente en la cordillera y alta cordillera, como asimismo en los territorios insulares y la Antártida que no se han considerado.

\*Según H. Fuenzalida<sup>5,10</sup>, existirían 6 subzonas para los climas secos, 5 para los templados y 3 para los fríos. En total 14 climas distintos sin contar la Isla de Pascua, Archipiélago de Juan Fernández ni territorio Antártico.

No pretendemos con este estudio decir la última palabra, sino a la inversa, reconocer que éste es sólo un punto de partida para estudios más precisos y detallados sobre el particular.

Desde luego es nuestra intención proponer una zonificación climático-habitacional lo más racional posible<sup>18</sup>, para aprovechar al máximo los recursos económicos del país y brindar a sus habitantes el máximo bienestar que con ellos puede obtenerse.

Pensamos pues, que dicha zonificación es necesaria, por no decir imperiosa, y que consistiría en unas ocho a diez zonas claramente diferenciadas en cuanto a la modalidad general de la construcción, no sólo en su forma sino también en la constitución material de los edificios habitacionales.

## APENDICE I

### OSCILACION DE TEMPERATURA

La temperatura del aire, tomada a la sombra durante cada instante del día, es uno de los parámetros climáticos más importantes de un determinado lugar.

El gráfico así obtenido, generalmente tiende a la forma sinusoidal, con período de 24 horas (Fig. 8).

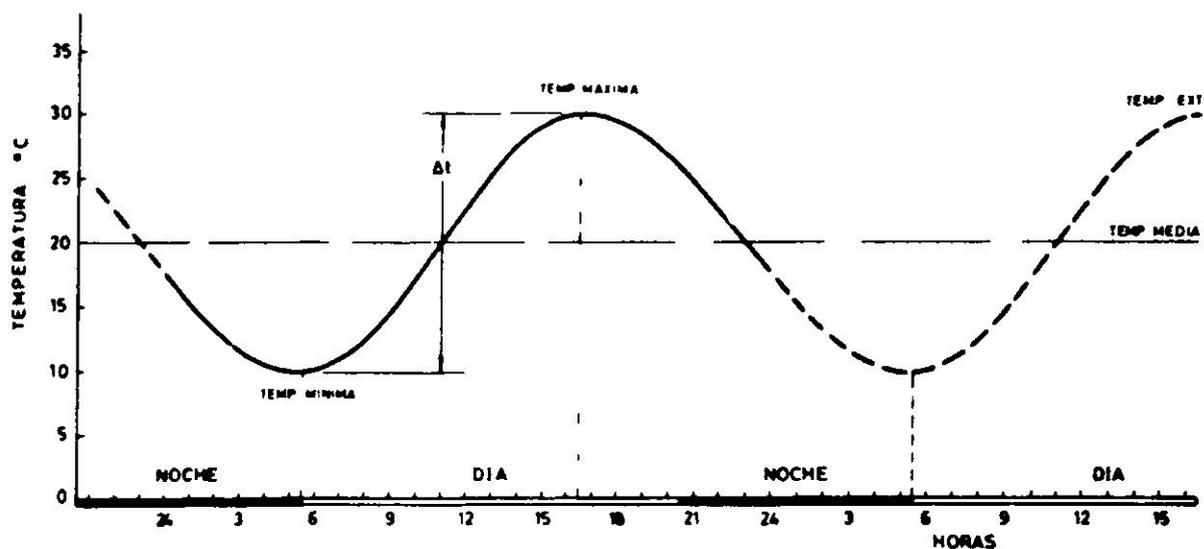


Fig. 8. Recorrido de la temperatura a través de las 24 horas del día. Termograma idealizado.

La *temperatura media* ( $T_m$ ) es el eje que divide a la sinusoide en dos semiondas iguales y es el término medio de las temperaturas registradas durante el día en cada instante. Como generalmente el registro continuo necesita de aparatos automáticos, caros y delicados, se toma la temperatura en cuatro momentos, tales que su término medio represente la  $T_m$ . Estas son: la temperatura máxima, la mínima, la temperatura de las 8 h y la de las 20 h<sup>19</sup>.

$$T_m = \frac{T_{8\ h} + T_{20\ h} + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}}{4}$$

Por otra parte, la diferencia de temperatura entre la temperatura máxima y la mínima se

llama *oscilación diaria* de temperatura y corresponde a la amplitud  $\Delta t$  en la curva sinusoidal de la Fig. 8.

$$\Delta t = T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}$$

Estas temperaturas son distintas en cada día, razón por lo que el valor instantáneo no tiene mucho significado climático. Normalmente se toma la media de estas temperaturas para un determinado día y un número suficiente de años de modo que aseguren un valor típico para ese lugar, (ejemplo 25 años). De esta manera los valores de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y oscilación diaria para un determinado día del año, son el promedio de los valores correspondientes tomados durante muchos años consecutivos. Aun más, como de un día al siguiente hay poca variación, no obstante el paulatino cambio de estación a través del año, lo que se suele hacer es tomar los valores medios del mes, durante  $n$  años.

Se tiene así un gráfico como el que se muestra en la Fig. 9 para Santiago, que da una idea muy clara de cómo se mueven a través del año las temperaturas diarias, teniendo a golpe de vista las máximas, mínimas, medias y oscilaciones correspondientes.

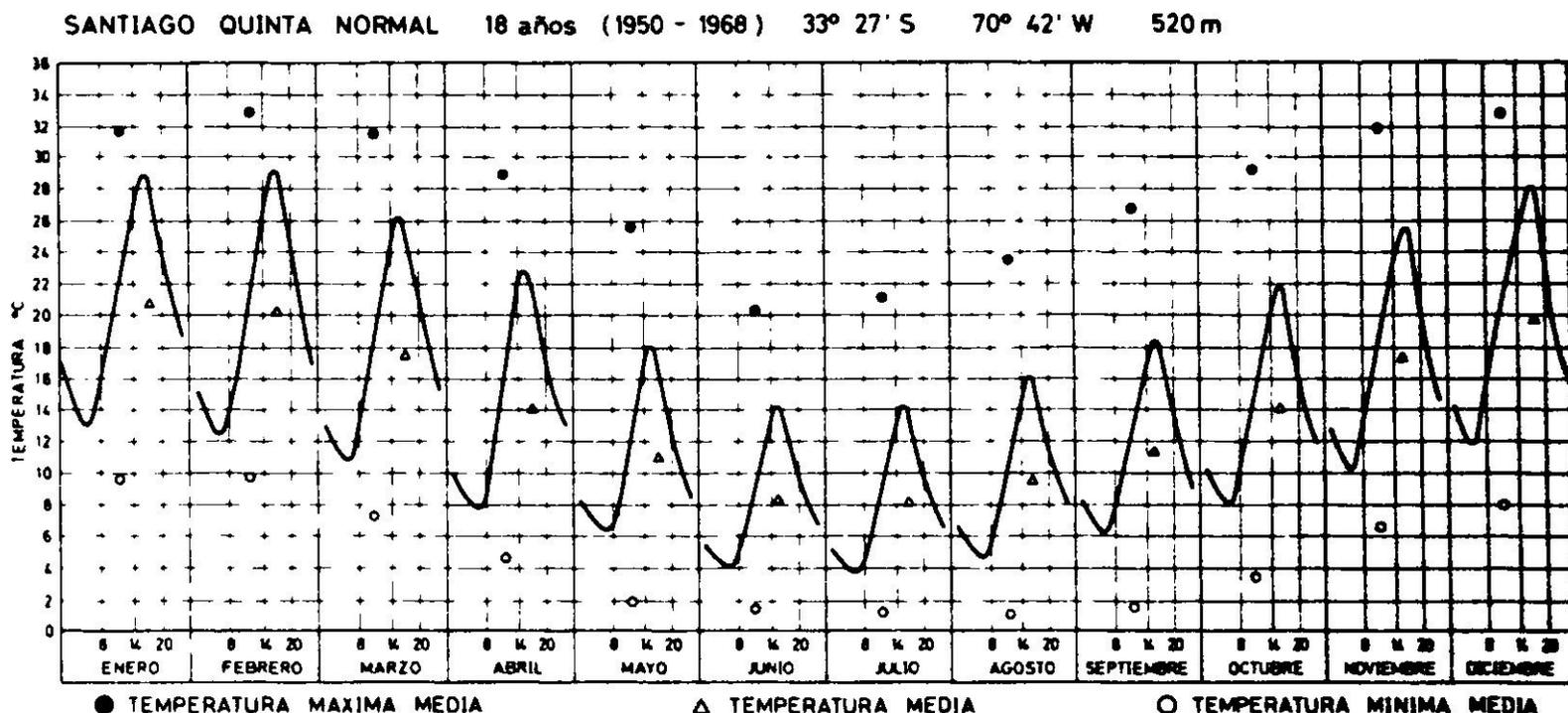


Fig. 9. Recorrido medio de las temperaturas diarias a través de los doce meses del año, para Santiago. Termograma basado en datos de FACH<sup>19</sup>.

En cuanto a las oscilaciones diarias, Chile se caracteriza por poseer muy poca oscilación en toda su costa desde Arica hasta el extremo sur. En el norte, esa oscilación crece bruscamente hacia el Este en cuanto se cruza la cordillera de la costa, aumentando a medida que se asciende en altura hacia los Andes. Este efecto decrece hacia el sur, pero es notorio en todo Chile continental especialmente hasta la cuenca del Bío Bío, perdiéndose paulatinamente hacia el sur<sup>11</sup>.

## APENDICE II

### INERCIA TERMICA

La aislación térmica o la dificultad mayor o menor con que el calor atraviesa un muro, no es el único ni siempre principal recurso del cual se puede echar mano para conseguir un adecuado

ambiente interior. Si, como se ha dicho, las fluctuaciones periódicas de temperatura en algunas regiones son fuertes, no obstante que la media es normal, en vez de emplear una buena aislación (generalmente complicada) se puede acudir a que el muro tenga una gran capacidad térmica de modo que frente a una onda térmica, él absorba tal cantidad de calor, que demore mucho en transferir al otro lado el calor que recibe en su cara anterior.

Como se vió en el Apéndice I, la onda térmica se acerca a una senoide con período de 24 horas.

Así tenemos que si el muro envolvente absorbe calor, retrasará la onda en un cierto tiempo, proporcional a la capacidad térmica del muro (Fig. 10). Además de ello la onda es amortiguada en amplitud, suavizando las fuertes variaciones de la temperatura exterior.

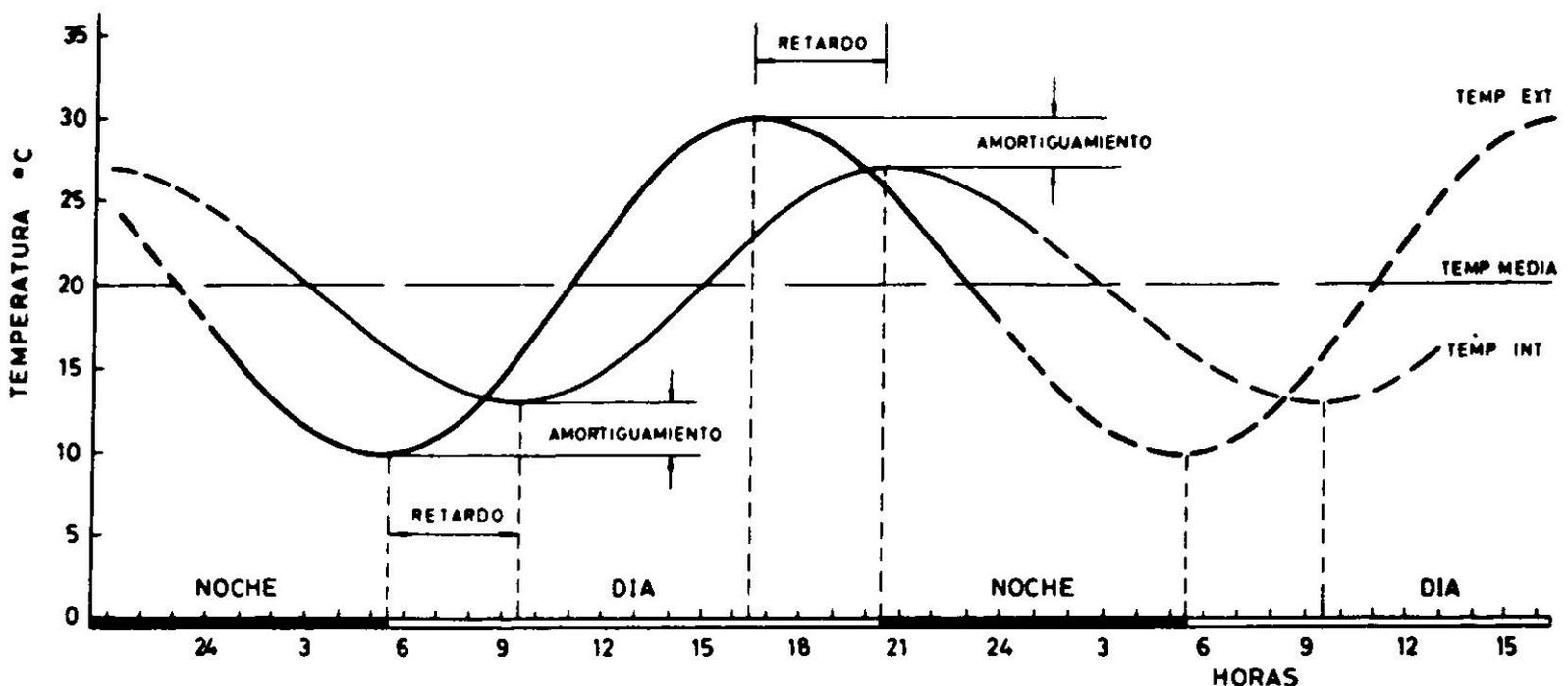


Fig. 10. El esquema muestra el termograma de la fig. 8 (temperatura tomada al exterior) y el termograma tomado en el interior del edificio. Nótese el retardo en tiempo y el amortiguamiento en temperatura de la onda.

Puesto que la capacidad térmica de un muro es la cantidad de calor por unidad de masa ( $Q$ ) que puede absorber, y ésta viene dada por:

$$Q = M C_e \Delta t$$

siendo  $M$  = la masa del muro en kg

$C_e$  = el calor específico kcal/kg °C

$\Delta t$  = la diferencia de temperatura entre la máxima y la mínima (oscilación diaria) en °C

y considerando que para un cierto lugar e intervalo de tiempo,  $\Delta t$  medio, es constante (Santiago en verano  $\Delta t \approx 18^\circ\text{C}$ ) y para los materiales corrientes de construcción  $C_e \approx 0.2$  kcal/kg °C, entonces:

$$Q = 3.6 M \text{ (kcal)}$$

es decir, la capacidad térmica sólo depende de la masa. Cuanto más masivo sea un edificio, mayor inercia térmica y mejor comportamientos en regiones de gran oscilación diaria de temperatura. Es archiconocido lo fresco y agradable que son los edificios corpulentos, aunque

en ellos no se haya puesto ninguna atención a la aislación térmica (ejemplo, grandes iglesias).

Eligiendo adecuadamente el espesor y tipo de materiales de una envolvente (muros perimetrales y techo) se puede desplazar la onda térmica de tal manera que cuando el exterior pase por el máximo en el interior se tenga el mínimo y viceversa (Fig. 11). Tal ambiente es el ideal.

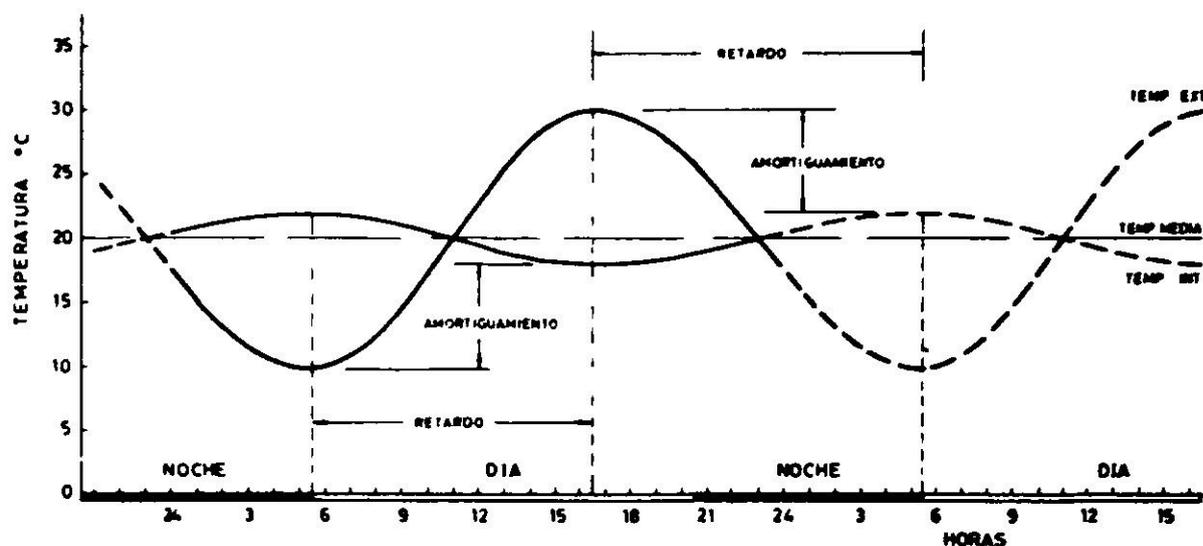


Fig. 11. El mismo esquema de la fig. 10 para un retardo ideal y un amortiguamiento severo de la onda, obtenido con una envolvente del edificio adecuadamente proyectado, sin recurrir a aislantes térmicos especiales.

A continuación damos el retardo térmico de algunos materiales según sus espesores, usados en la envolvente<sup>20</sup>.

MATERIAL	ESPESOR cm	RETARDO
Hormigón	10	2,5 horas
	20	5 horas
	40	10 horas
Ladrillo	10	2,3 horas
	20	5,5 horas
	30	8,5 horas
Madera	1	10 min.
	2,5	27 min.
	5	1,3 horas

Nótese que es posible proyectar muros perimetrales de materiales y en espesores adecuados para un determinado retardo. En cambio esto es casi imposible en la techumbre, a menos que se use losa de hormigón, y aun así no se consiguen retardos muy considerables.

No obstante, es posible colaborar a solucionar este problema, usando cubiertas de gran reflexión a la radiación solar (por ejemplo aluminio) y luego agregar una generosa aislación térmica.

En otros países, por ejemplo en el sur de España y el norte de Africa, en donde no hay problemas de escasez de agua, es posible construir una losa estanca en forma de piscina que se mantiene con unos 30 cm de agua. La inercia térmica conseguida es enorme ya que el agua tiene un  $C_e = 1$ , a más que el calor de vaporización (600 kcal/kg) impide que la temperatura se eleve demasiado y la onda térmica se transfiera al interior.

## BIBLIOGRAFIA

1. BLANCHERE, G. *Saber construir*. Barcelona, 1967.
2. RODRIGUEZ, G. Sobre la aislación térmica en la construcción. *Revista del IDIEM*, vol. 6, nº1 (1967).
3. RODRIGUEZ, G. *La aislación térmica en la construcción nacional*. Informe N° 20. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Santiago, 1968.
4. RODRIGUEZ, G. Hornos en verano, témpanos en invierno. *Revista de la Construcción*, año VI, nº66-67, Santiago, 1967.
5. SOCIEDAD CHILENA DE HISTORIA Y GEOGRAFIA. *Geografía de Chile*. Santiago, 1966.
6. FRICK, G. Distribución de las lluvias en Chile en los últimos 46 años. *Rev. Scientia* N° 139, Valparaíso, 1970.
7. PISSIS, A. *Geografía Física de la República de Chile*, París, 1875.
8. ALMEYDA, E. y SAEZ, F. *Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos*. Ministerio de Agricultura, Santiago, 1958.
9. FUENZALIDA, H. *Clima. Geografía Económica de Chile*. CORFO. Santiago, 1965.
10. FUENZALIDA, H. *Clima. Geografía Económica de Chile*. Apéndice. CORFO. Santiago, 1966.
11. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. *Atlas de la República de Chile*. Santiago, 1966.
12. DOBOSI, Z. y ULRIKSEN, P. Territorial distribution of global radiation over Chile. *Paper 3/106, International Solar Energy Soc., Conference 1970*.
13. HERNANDEZ, S. *Geografía de plantas y animales de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, 1970.
14. KELLÉR, C. *Revolución en la agricultura*. Editorial Zig-Zag, Santiago, 1956.
15. ANTONIOLETTI, R et al. *Características climáticas del Norte Chico*. IREN, Santiago, 1972.
16. BORGEL, R. *La Carretera Panamericana Norte*. Instituto de Geografía, U. de Chile, 1965.
17. FUENZALIDA, P.H. *Climatología de Chile*. Departamento de Geofísica y Geodesia, U. de Chile, 1971.
18. RODRIGUEZ, G. *Zonificación climático-habitacional de Chile*. Norma Inditecnor (en preparación).
19. FACH. *Anuarios Meteorológicos*. 1950 a 1968.
20. POLER, M. *Clima y Arquitectura*. Caracas, 1969.

## CHILEAN CLIMATE AND ITS INFLUENCE ON HOUSING CONSTRUCTION

## SUMMARY:

*The climate in Chile is analyzed from the standpoint of its influence on housing construction. Two major zones are singled out: I) hot arid zones, consisting of seven subclimates characterized by sparing rains and strong solar radiation, requiring the design of adequately insulated buildings well protected from this solar radiation and having sufficient heat capacity. II) temperate climates, where no less than three types can be distinguished, characterized by an increment in rains, soil and air humidities, winds and lower temperatures. It is hard to arrive at a good design in which all the conditions necessary to insulate the building and at the same time to give adequate comfort to people are met.*

*In appendix 1 and 2 some basic ideas on temperatures, daily variations and thermal inertia are given.*