

# Determinación de los regímenes de humedad y temperatura para los suelos de Chile<sup>1</sup>

Armand Van Wambeke<sup>2</sup>  
Walter Luzio L.<sup>3</sup>

## INTRODUCCION

En diferentes clasificaciones de suelos, se ha considerado al clima como un factor de importancia, ya que influye en sus procesos de formación y en sus propiedades químicas, físicas y morfológicas las que, a su vez, determinan sus características agronómicas y aprovechabilidad. Incluso, el clima ha sido usado como criterio básico de distribución de los suelos, como sucede en la clasificación rusa (Rozov e Ivanova, 1967).

La Taxonomía de Suelos (USDA, 1975), que se considera el sistema oficial de clasificación de suelos para Chile, utiliza el concepto de "Clima del suelo", que si bien es cierto es dependiente, en gran medida, del clima atmosférico, no es éste el que lo condiciona en forma definitiva. Así, en regiones desérticas, por influencia de aguas freáticas, es posible tener suelos que estén saturados con agua en algunas épocas del año, situación que, evidentemente, modifica el régimen climático del suelo.

Este sistema reconoce 5 regímenes de humedad y 10 regímenes de temperatura del suelo, que se aplican a diferentes niveles de la taxonomía, desde Ordenes hasta Familias. Esto significa que ambos conceptos son ampliamente usados para definir los límites de las diferentes taxas. De ahí, entonces, la necesidad de determinarlos con la mayor precisión posible. Sin embargo, para establecerlos se requiere de largas y complicadas observaciones de campo, que son difíciles de llevar a cabo, en muchos países.

Con el fin de eliminar este inconveniente y obtener un método cuantitativo que refleje, de una manera uniforme, los diferentes regímenes de humedad, Newhall (1976) desarrolló un modelo matemático que simula los movimientos del agua dentro del sistema aire-suelo-planta. Para este objeto escribió un programa COBOL, para procesar datos climáticos de diferentes partes del mundo. Una de las ventajas que presenta este sistema es el de utilizar parámetros climáticos simples que, prácticamente, son registrados en cualquier estación meteorológica.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de un programa FORTRAN, basado en el modelo de Newhall, de 62 estaciones meteorológicas a lo largo de Chile. Además, se dibujaron mapas del país con los regímenes de humedad y de temperatura.

Cabe señalar que este modelo ha sido usado para determinar los regímenes de humedad y temperatura en España (Tavernier y Van Wambeke, 1976) y en Argentina (Van Wambeke y Scoppa, 1976-1977).

---

<sup>1</sup> Recepción de originales : 24 de agosto de 1981.

Trabajo financiado, en parte, por la OEA, gracias a una beca concedida al segundo autor, para realizar investigaciones en la U. de Cornell, EE.UU.

<sup>2</sup> Prof. Agronomy Department, Cornell University, Ithaca, N.Y. 14853, U.S.A.

<sup>3</sup> Prof. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales de la U. de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron los datos de temperaturas medias mensuales y precipitaciones de 62 estaciones meteorológicas, distribuidas desde Arica (18°28' S) hasta San Pedro (47°43' S). Con estos datos, se aplicó un programa FORTRAN, basado en el modelo de Newhall (1976). Se utilizó un computador IBM 370.

### Funcionamiento del modelo de Newhall

El modelo considera solamente las condiciones hídricas de perfiles bien drenados. Por esta razón, no incluye al régimen ácuico, que corresponde a suelos mal drenados y afectados por agua freática. El programa utiliza como entrada los datos de precipitaciones mensuales, las temperaturas medias mensuales del aire y la latitud y longitud de la estación meteorológica considerada. Se pueden presentar dos alternativas: una que calcula la evapotranspiración potencial, a partir de los datos mencionados según las fórmulas de Thornthwaite, y la segunda, que utiliza como entrada otra forma de datos de evapotranspiración potencial. En este trabajo se utilizó la primera alternativa, ya que se carecía de datos de evapotranspiración.

El programa asume que las precipitaciones mensuales se distribuyen, cada mes, de la siguiente manera: 1) la mitad del agua caída corresponde a una lluvia intensa, que se produce el 15 de cada mes y penetra totalmente en el suelo, y 2) el resto, a lluvias llamadas ligeras, de poca intensidad y distribuidas durante todo el mes. Solamente aquella parte de las lluvias ligeras que excede a la evapotranspiración potencial del mismo período se considera aptas para humedecer el suelo. Si las lluvias son inferiores a la evapotranspiración potencial, la energía disponible se utiliza para extraer agua del perfil.

**El perfil de humedad.** Se considera un perfil de suficiente profundidad para almacenar 200 mm de agua aprovechable, esto es, entre porcentaje de marchitez permanente (PMP) y capacidad de campo (CC). Este perfil se subdivide en 8 capas horizontales (Figura 1), cada una de las cuales puede retener 25 mm de lluvia. La segunda y tercera capa constituyen la sección de control. A su vez, cada capa se subdivide en 8 partes, asimiladas a compartimentos, cada uno de los cuales puede retener 3,13 mm de agua (25:8). Se considera así que, cuando los 8 compartimentos de una capa se encuentran llenos, se tiene un contenido de humedad que equivale a CC y cuando están vacíos, el contenido de humedad equivale al PMP.

El mecanismo de humedecimiento funciona de la siguiente manera: el agua penetra en el suelo, pasando de una capa a otra como un frente de humedecimiento. Solamente después que se ha humedecido la pri-

mera capa, el agua pasa a la segunda y así sucesivamente. Se considera que una capa está llena de agua cuando se encuentra a CC, es decir, cuando tiene 25 mm de agua. De esta manera, cuando todo el suelo se encuentra a CC, cualquier exceso de agua se considera como escurrimiento superficial o pérdida por percolación profunda y se descarta.

En caso que, en un período determinado, la evapotranspiración potencial exceda a la precipitación, se extrae el agua disponible del perfil, de acuerdo a un mecanismo que semeja la extracción de agua del suelo por las raíces de las plantas.

El programa toma en consideración el hecho que la extracción de agua no es uniforme en el perfil. Por una parte, se necesita más energía para extraer agua desde capas más profundas y, por otra, también se requiere más energía cuando las tensiones son más próximas al PMP. La evapotranspiración saca agua del perfil según la secuencia de compartimentos indicada en la Figura 2. Para simular estas situaciones, el programa utiliza factores de corrección, que varían de una capa a otra y de un compartimento a otro.

SUPERFICIE DEL SUELO								
1	2	3	4	5	6	7	8	SECCION DE CONTROL
9	10	11	12	13	14	15	16	
17	18	19	20	21	22	23	24	
25	26	27	28	29	30	31	32	
33	34	35	36	37	38	39	40	
41	42	43	44	45	46	47	48	
49	50	51	52	53	54	55	56	
57	58	59	60	61	62	63	64	

Figura 1. Perfil de humedad según el modelo de Newhall.

De manera que, de acuerdo al calendario hídrico de 12 meses que establece el programa, se pueden tener tres situaciones: 1) la sección de control está completamente seca, lo que corresponde a un contenido de agua igual al PMP; 2) completamente húmeda, lo que corresponde a un contenido de agua igual a CC, y 3) parcialmente húmeda o parcialmente seca, en todos los demás casos.

El modelo hace una evaluación diaria de los estados hídricos de la sección de control y determina la duración de los períodos, en días acumulativos y consecu-

SUPERFICIE DEL SUELO							
29	22	16	11	7	4	2	1
37	30	23	17	12	8	5	3
44	38	31	24	18	13	9	6
50	45	39	32	25	19	14	10
55	51	46	40	33	26	20	15
59	56	52	47	41	34	27	21
62	60	57	53	48	42	35	28
64	63	61	58	54	49	43	36

Figura 2. Secuencia de extracción de agua del perfil

tivos que dura cada estado. Con estos datos se determina el régimen de humedad, de acuerdo a la Taxonomía de los Suelos (USDA, 1975) (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Regímenes de humedad de los suelos

Los resultados obtenidos indican que todos los regímenes de humedad de los suelos están representados en Chile (arídico, xérico, ústico, údico y perúdico), salvo el ácuico, que fue excluido en el presente trabajo, por la razón expuesta en Materiales y Métodos, aunque sin duda tiene expresión en el país. A continuación se analizan cada uno de ellos en forma independiente.

**Régimen arídico.** Su distribución, de acuerdo al modelo aplicado, concuerda con los rasgos desérticos de las regiones (Figura 3). La característica dominante es la carencia de humedad en la sección de control,

CUADRO 1. CLAVE PARA LOS REGIMENES DE HUMEDAD DE LOS SUELOS, SEGUN "SOIL TAXONOMY"— SUBDIVISIONES TENTATIVAS INDICADAS EN FIGURA 4 (SEGUN A. VAN WAMBEKE)

- A) Regímenes de humedad del suelo en los cuales, en la mayoría de los años, la sección de control de humedad (SCH):
- 1) está seca en todas partes, por más de la mitad del tiempo acumulativo, cuando la  $t^{\circ}$  del suelo, a 50 cm  $> 5^{\circ}$  C, y
  - 2) nunca está húmeda, en alguna o todas sus partes, por más de 90 días consecutivos, cuando la  $t^{\circ}$  del suelo  $> 8^{\circ}$  C.
- ARIDICO
- a) suelos en los cuales la SCH está completamente seca durante todo el año.
 

Arídico extremo
  - b) otros suelos en los cuales la SCH está húmeda, en alguna o todas sus partes, por 45 días consecutivos o menos, durante el tiempo en que la  $t^{\circ}$  del suelo, a 50 cm  $> 8^{\circ}$  C.
 

Arídico típico
  - c) Otros suelos
 

Arídico suave
- B) Otros regímenes en los cuales, en la mayoría de los años, la SCH:
- 1) está seca, en todas partes, por más de 45 días consecutivos durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano, y
  - 2) está húmeda, en todas partes, por más de 45 días consecutivos durante los cuatro meses siguientes al solsticio de invierno, y
  - 3) la  $t^{\circ}$  media anual del suelo  $< 22^{\circ}$  C, y
  - 4) la diferencia entre la  $t^{\circ}$  media anual del verano y la  $t^{\circ}$  media anual de invierno del suelo  $> 5^{\circ}$  C.
- XERICO
- a) suelos en los que la SCH está seca en todas partes, por más de 90 días consecutivos, durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano.
 

Xérico seco
  - b) otros suelos con régimen xérico
 

Xérico típico

**CONTINUACION CUADRO 1. CLAVE PARA LOS REGIMENES DE HUMEDAD DE LOS SUELOS, SEGUN "SOIL TAXONOMY"— SUBDIVISIONES TENTATIVAS INDICADAS EN FIGURA 4 (SEGUN A. VAN WAMBEKE)**

C) Otros regímenes con suelos más cálidos que críticos, en los que en la mayoría de los años, la SCH está seca en alguna o todas sus partes por 90 días acumulativos o más.

USTICO

1) suelos con regímenes de temperatura iso, en los que la SCH está húmeda en alguna o todas sus partes, cuando la  $t^{\circ}$  del suelo, a 50 cm  $> 8^{\circ}$  C, de la siguiente manera:

a) menos de 180 días consecutivos

Tropústico arídico

b) más de 180 y menos de 270 días consecutivos.

Tropústico típico

c) 270 días consecutivos o más

Tropústico údico

2) otros suelos con regímenes de temperatura diferentes de iso

a) suelos en los que la SCH está seca en todas partes por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de verano y la SCH está húmeda en todas partes por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de invierno.

Tempústico xérico

b) otros suelos en los que la SCH está húmeda en todas partes por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de invierno y la SCH no está completamente seca por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de verano.

Tempústico húmedo

c) otros suelos en los que la SCH está seca en todas partes por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de verano y no está húmeda en todas partes por más de 45 días consecutivos durante los 4 meses siguientes al solsticio de invierno.

Tempústico seco

d) otros suelos

Tempústico háplico

D) Otros regímenes en los que la precipitación mensual no siempre es superior a la evapotranspiración potencial mensual, para la mayoría de los años

UDICO

1) suelos en los que la SCH está completamente húmeda durante todo el año.

Contúdico

2) otros suelos con regímenes de temperatura iso en los que la SCH está seca en alguna o todas sus partes, durante:

a) menos de 30 días acumulativos.

Tropúdico mínimo

b) 60 días acumulativos o más

Tropúdico máximo

c) otros suelos

Tropúdico medio

3) otros suelos en los cuales la SCH está seca en alguna o todas sus partes de la siguiente manera:

a) menos de 30 días acumulativos

Tempúdico mínimo

b) 60 días acumulativos o más

Tempúdico máximo

c) otros suelos

Tempúdico medio

E) Otros regímenes en los que la precipitación mensual es siempre mayor que la evapotranspiración potencial mensual, para la mayoría de los años

PERUDICO

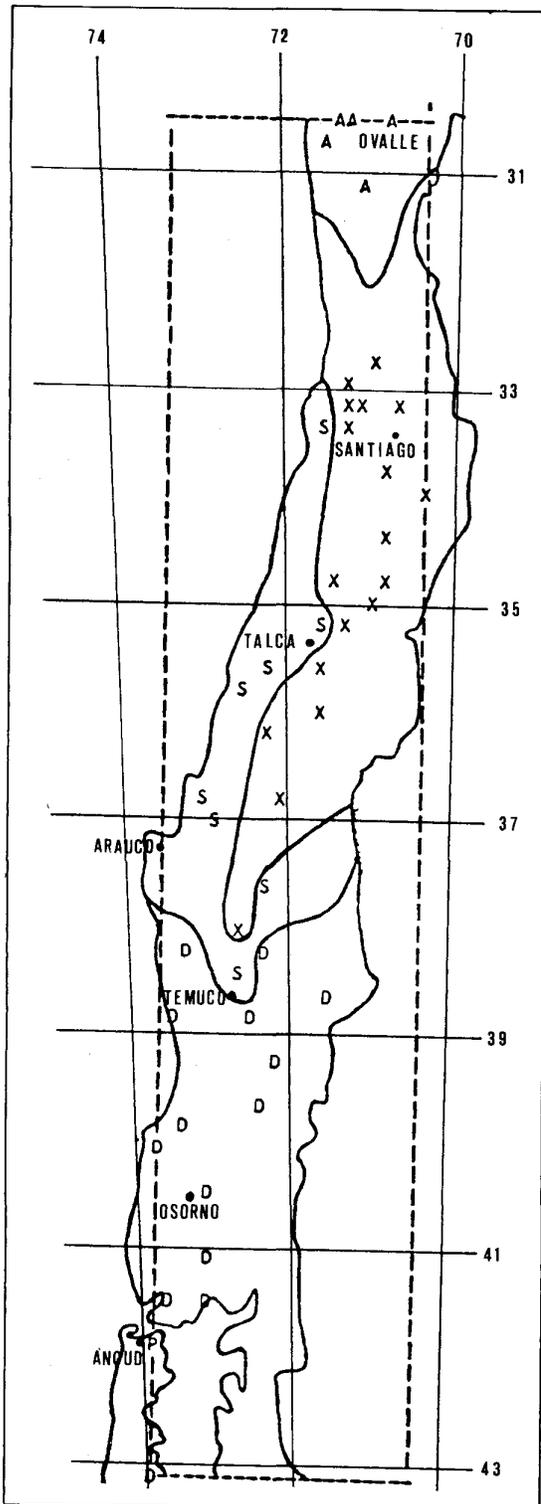


Figura 3. Regímenes de humedad de los suelos de Chile, entre el Valle del Elqui y la Isla de Chiloé. A—Arídico; X—Xérico; S—Ustico; D—Udico; P—Perúdicico.

cuando la temperatura del suelo está sobre  $8^{\circ}$  C. En estas condiciones se encuentran 360 días del año. El límite sur se estima que debiera estar ubicado entre Los Vilos y Cabildo. Para este trabajo no se pudo disponer de una serie de datos meteorológicos confiables entre las estaciones de Ovalle (arídico) y Cabildo (xérico), razón por la cual el límite entre ambos regímenes no pudo ser claramente definido.

Por otra parte, la falta de estaciones en los sectores cordilleranos no permite extrapolar los resultados hacia esas regiones, considerando que las variaciones pueden ser de importancia, especialmente en todo el sector del altiplano. Los mapas de regímenes de humedad (Figura 3) y de subdivisión tentativa de los regímenes de humedad (Figura 4), se hicieron hasta el Valle del Elqui, debido a que hacia el norte solamente existe régimen arídico, sin variaciones.

**Régimen xérico.** Se distribuye de manera uniforme por todo el Llano Central y la Precordillera de los Andes (Figura 3), con características de xérico seco. La cantidad de días consecutivos en que la sección de control permanece seca ( $> 15$  bares), durante los cuatro meses siguientes al solsticio de verano, fluctúa entre 120 en el extremo norte de este sector y 53 en el extremo sur (Cuadro 2). Dentro de los suelos que tienen este régimen se pueden hacer algunas observaciones:

- 1) Desde el extremo norte de este régimen hasta, claramente, la ciudad de Santiago, la temperatura media anual del suelo se encuentra todo el año sobre  $8^{\circ}$  C. En estas condiciones y de acuerdo al modelo aplicado, hay más de 200 días consecutivos al año, en que el suelo está húmedo o parcialmente húmedo.
- 2) Al comparar la cantidad de días consecutivos en que la sección de control de humedad (SCH) está húmeda o parcialmente húmeda cuando la temperatura del suelo es superior a  $8^{\circ}$  C, se puede apreciar que prácticamente no hay diferencia entre el extremo norte y el extremo sur de este régimen.

De acuerdo con estos datos, existiría suficiente humedad disponible en los suelos durante la época de crecimiento; sin embargo, esta humedad disponible aparece un tanto exagerada para este sector. Es probable que las elevadas temperaturas diurnas durante primavera-verano produzcan un desecamiento muy acelerado del suelo, situación que no es detectada por el modelo que trabaja con temperaturas medias mensuales. Así, en Santiago, el suelo tendría una humedad equivalente a CC hasta el 4 de diciembre, de acuerdo al calendario hídrico diario, y estaría parcialmente húmedo hasta el 1<sup>o</sup> de enero. En la realidad, el desecamiento del suelo es más rápido, de ahí que la tem-

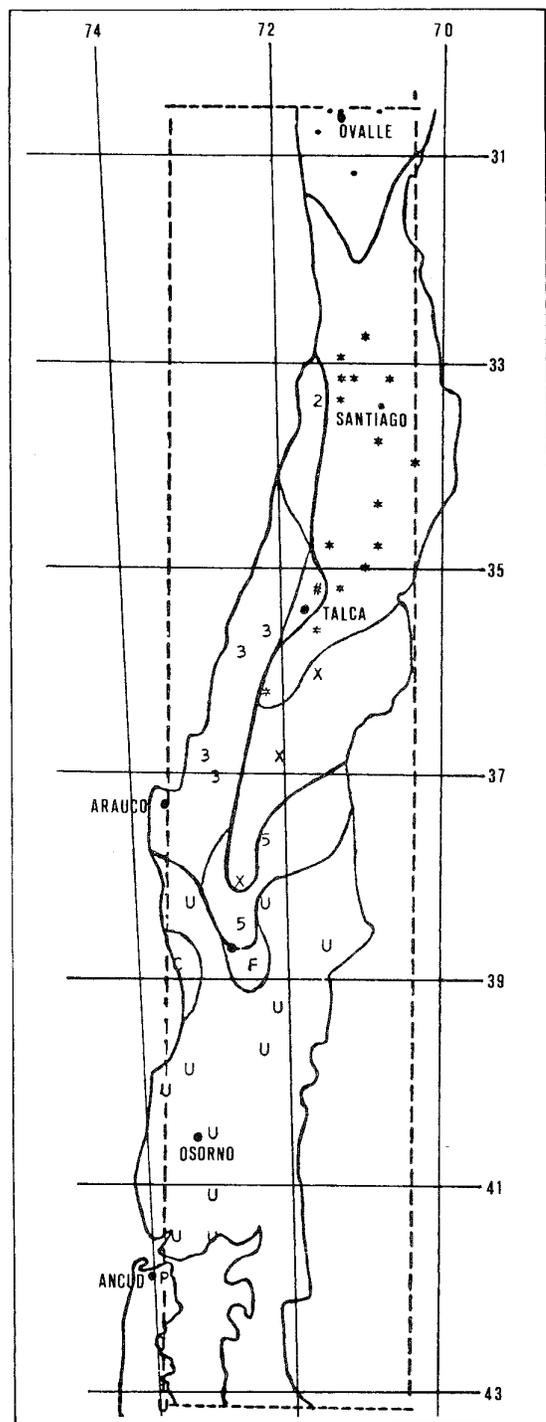


Figura 4. Subdivisión tentativa de los regímenes de humedad. ●—Árido extremo; \*—Xérico seco; 2—Tropústico típico; #—Tempústico xérico; 3—Tropústico údico; X—Xérico típico; 5—Tempústico seco; U—Contústico; F—Tempústico mínimo; C—Tropústico mínimo; P—Perústico.

porada de riego tenga que comenzar con una anticipación de dos meses a las fechas indicadas.

Dentro de este sector xérico, existen dos núcleos de regímenes ústicos (Figura 3). En Valparaíso (33°01' S) y en Constitución (35°20' S) y Punta Carranza (35°36' S). Es probable que este régimen ústico se extienda por todo el sector costero, uniendo ambos núcleos, pero la falta de estaciones en esa región no permitió comprobar esta hipótesis.

**Régimen ústico.** El núcleo de mayor importancia de este régimen se encuentra en el sector central y costero de la cuenca del Biobío, entre Punta Tumbes (36°37' S) y Los Angeles (37°28' S). Se extiende hacia el sur por el Llano Central, en forma de una lengua, hasta Traiguén (38°15' S). Hacia el sur hay regímenes údicos claramente definidos (Figura 3).

El concepto central de ústico es, de acuerdo a Soil Taxonomy (1975), el de un régimen intermedio entre arídico y údico, con limitada disponibilidad de agua, pero esa humedad se presenta en la época de crecimiento de las plantas.

Si se observa la distribución de las lluvias, en las estaciones ubicadas dentro de este sector, se podrá apreciar que existe una concentración invernal, pero que además, durante la primavera y verano no se produce una caída tan marcada de la precipitación como en los regímenes xéricos. Se podría considerar, entonces, que el régimen ústico constituye, más bien, una transición entre el xérico y el údico. Aun cuando uno de sus requerimientos es que la SCH se encuentre seca, en alguna o todas sus partes, por más de 90 días acumulativos, solamente en 2 estaciones (Valparaíso y Lolol), la SCH está seca en todas sus partes por más de 90 días acumulativos. En el resto de las estaciones, el período en que la SCH se encuentra al PMP es muy inferior a 90 días (Cuadro 2). Este hecho indicaría una mayor disponibilidad de humedad, a través del año, que en un régimen arídico típico. Así, parece más lógico considerar que en Chile, el régimen ústico es transicional entre xérico y údico, más bien que entre arídico y údico.

Otro rasgo interesante de hacer notar es que el régimen ústico aparece asociado a sectores definidos. Uno es el sector costero entre Constitución y Concepción y el otro, con bastante aproximación, se asocia a la cuenca del río Biobío (Figura 3). Aun cuando no se tiene una explicación clara para ambas situaciones, se presume que las características fisiográficas, de la Cordillera de la Costa en una, y las condiciones orográficas, en la otra, permitirían una mayor humedad de los suelos durante la época de crecimiento de las plantas.

CUADRO 2. DETERMINACION DE LOS REGIMENES DE HUMEDAD SEGUN EL SISTEMA DE COMPUTACION DE FRANKLIN NEWHALL (LA CORRECCION POR TEMPERATURA ES 2.5: LA AMPLITUD ESTACIONAL MODIFICADA POR EL FACTOR 0,66)

Estación	Temperatura media del suelo		Régimen de temperatura	Días acumulativos en que la SCH (*)				Máximo días consecutivos que SCH está		Régimen de					
	Anual	Verano		en un año está	Seca	H/S	Hum.	cuando to suelo 50 C está	Seca	H/S	Hum.	húmeda en algunas partes en un año	cuando to suelo > 80° C	seca después solsticio verano	húmeda después solsticio invierno
Arica	21.0	23.0	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Iquique	20.3	21.9	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Antofagasta	18.9	21.1	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Chafaral	18.1	20.3	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Caldera	18.8	21.0	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Copiapó	18.2	21.1	Térmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
La Serena	16.6	18.7	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Coquimbo	17.0	18.7	Isotérmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Vicuña	18.1	20.7	Térmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
P. Lengua de Vacca	19.3	22.1	Térmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Ovalle	17.4	20.2	Térmico	360	0	0	360	0	0	0	0	0	120	0	Arídico
Cabildo	17.1	19.9	Térmico	152	86	122	152	86	122	208	208	0	120	105	Xérico
Carapilco	17.1	19.9	Térmico	130	65	165	130	65	165	230	230	0	115	120	Xérico
La Calera	16.3	19.0	Térmico	132	62	166	132	62	166	228	228	0	117	120	Xérico
Los Andes	18.3	22.3	Térmico	151	51	158	151	51	158	209	209	0	120	120	Xérico
Quillota	18.0	20.7	Térmico	129	63	168	129	63	168	231	231	0	114	120	Xérico
Valparaiso	16.9	19.0	Isotérmico	117	69	174	117	69	174	243	243	0	102	120	Ústico
Peñablanca	17.1	19.9	Térmico	136	59	165	136	59	165	224	224	0	120	120	Xérico
Quilpué	15.9	18.6	Térmico	116	68	176	116	68	176	244	244	0	101	120	Xérico
Santiago	17.0	20.0	Térmico	134	57	169	134	57	169	226	226	0	119	120	Xérico
S. José de Maipo	15.5	19.0	Térmico	113	34	213	113	34	213	247	247	0	98	120	Xérico
Rancagua	15.5	19.4	Térmico	121	63	176	121	63	176	239	239	0	106	120	Xérico
Rengo	16.6	20.4	Térmico	118	35	207	118	35	207	242	242	0	103	120	Xérico
Puquillay	16.7	19.7	Térmico	110	44	206	110	44	206	250	250	0	95	120	Xérico
San Fernando	15.9	19.7	Térmico	110	33	217	110	33	217	250	250	0	95	120	Xérico
Lolol	22.1	26.5	Hipertérmico	142	24	194	142	24	194	218	218	0	120	120	Ústico
Curicó	16.2	20.3	Térmico	114	31	215	114	31	215	246	246	0	99	120	Xérico
Constitución	15.9	18.5	Isotérmico	57	75	228	57	75	228	303	303	0	57	120	Ústico
Talca	17.2	21.5	Térmico	118	33	209	118	33	209	242	242	0	103	120	Xérico
Punta Carranza	14.9	16.5	Isomésico	78	51	231	78	51	231	282	282	0	63	120	Ústico

CONTINUACION CUADRO 2. DETERMINACION DE LOS REGIMENES DE HUMEDAD SEGUN EL SISTEMA DE COMPUTACION DE FRANKLIN NEWHALL  
(LA CORRECCION POR TEMPERATURA ES 2.5: LA AMPLITUD ESTACIONAL MODIFICADA POR EL FACTOR 0.66)

Estación	Temperatura media del suelo		Régimen de temperatura	Días acumulativos en que la SCH (*)				Máximo días consecutivos que SCH está		Régimen de humedad				
	Annual	Verano		en un año está		cuando to suelo 50 C está		húmeda en algunas partes cuando to suelo > 80 C						
				Seca	H/S	Hum.	Seca	H/S	Hum.	seca después solsticio verano	húmeda después solsticio invierno			
Linares	16.3	20.5	Térmico	72	64	224	72	64	224	288	174	72	120	Xérico
Cauquenes	17.3	21.4	Térmico	116	31	213	116	31	213	244	244	101	120	Xérico
Chillán	15.5	19.3	Térmico	53	76	231	53	76	231	307	173	53	120	Xérico
Punta Turbes	14.5	16.3	Isomésico	69	57	234	69	57	234	291	291	54	120	Ústico
Talcahuano	15.0	17.4	Isomésico	10	103	247	10	103	247	350	350	10	120	Ústico
Concepción	14.9	17.6	Isotérmico	0	98	262	0	98	262	360	360	0	120	Ústico
Isla Santa María	15.5	17.1	Isotérmico	18	98	244	18	98	244	342	342	18	120	Ústico
Los Angeles	15.8	19.7	Térmico	9	113	238	9	113	238	351	107	9	120	Ústico
Angol	15.4	18.9	Térmico	54	76	230	54	76	230	306	222	54	120	Xérico
Contulmo	15.5	18.2	Isotérmico	0	0	360	0	0	360	360	360	0	120	Ústico
Victoria	12.9	15.8	Mésico	0	0	360	0	0	360	360	239	0	120	Ústico
Traiguén	14.9	18.2	Mésico	0	92	268	0	92	268	360	316	0	120	Ústico
Isla Mocha	15.2	17.2	Isotérmico	0	14	346	0	14	346	360	360	0	120	Ústico
Longuimay	10.8	14.5	Mésico	0	0	360	0	0	242	360	189	0	120	Ústico
Temuco	14.6	17.5	Mésico	0	3	357	0	3	357	360	322	0	120	Ústico
Puerto Saavedra	14.4	16.5	Isomésico	0	3	357	0	3	357	360	360	0	120	Ústico
Flor del Lago	14.0	16.9	Mésico	0	0	360	0	0	360	360	284	0	120	Ústico
Panguipulli	14.2	17.3	Mésico	0	0	360	0	0	360	360	280	0	120	Ústico
Valdivia	14.4	17.4	Mésico	0	0	360	0	0	360	360	311	0	120	Ústico
Punta Galera	13.6	15.1	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	360	0	120	Ústico
San Pablo	12.4	14.9	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	360	0	120	Ústico
Frutillar	12.9	15.5	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	250	0	120	Ústico
Puerto Montt	13.5	15.9	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	288	0	120	Ústico
Maullín	12.2	14.3	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	249	0	120	Ústico
Ancud	12.6	14.7	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	257	0	120	Perdústico
Quellón	12.6	14.7	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	257	0	120	Ústico
Isla Gafro	12.2	13.8	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	264	0	120	Perdústico
Puerto Aysén	11.4	14.0	Mésico	0	0	360	0	0	282	360	209	0	120	Perdústico
Cabo Raper	11.5	12.9	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	225	0	120	Perdústico
San Pedro	11.1	13.2	Isomésico	0	0	360	0	0	360	360	196	0	120	Perdústico

(\*) Sección de control de humedad.

**Régimen údico.** Se distribuye entre la precordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, entre Contulmo y la Isla Grande de Chiloé (Figura 3). Sin embargo, Ancud, que se encuentra en el extremo norte de la Isla, tiene régimen perúdic, en comparación con Quellón, en el extremo sur, que tiene údico. De acuerdo con los datos pluviométricos utilizados, la precipitación media anual es inferior en Ancud, pero la distribución es diferente, ya que las medias mensuales en los meses de primavera y verano son superiores que en Quellón. Esto podría explicar la diferencia que existe en los dos extremos opuestos de la Isla de Chiloé.

No se puede extrapolar este régimen hacia el sector de Chiloé Continental a causa de la falta de estaciones en ese sector.

**Régimen perúdic.** Comienza en la región de los canales, al sur de la Isla de Chiloé, y se extiende hasta la estación más meridional considerada en este trabajo (San Pedro, 47°43').

#### Regímenes de temperaturas de los suelos

**Regímenes iso.** Su presencia en Chile se asocia a los regímenes térmico y méxico, pero su significado es diferente en ambos casos.

Los regímenes isotérmicos se encuentran invariablemente asociados a las estaciones cercanas a la costa, entre los 18° S y los 35° S, aproximadamente. En esta zona aparece clara la influencia moderadora del océano, que determina una diferencia inferior a los 5° C, en el suelo, entre la media del invierno y la media del verano.

Entre los 35° S y la ciudad de Valdivia (39°48' S), se manifiestan los regímenes isomésicos, con la única excepción de Contulmo, que tiene régimen isotérmico (Figura 5). Se podría considerar que hasta ese límite, aún la influencia del océano es importante como factor de moderación en las fluctuaciones térmicas. Sin embargo, hacia el sur, la presencia de regímenes iso no parece depender directamente de la influencia marina, sino que se relacionaría con una menor fluctuación de la temperatura a través del año en el rango entre los 8° C y 15° C, es decir, es una región permanentemente más fría, que la región inmediatamente más septentrional. Dos casos parecerían confirmar esta hipótesis: las estaciones de San Pablo y Frutillar, ambas isomésicas, no son costeras, de manera que la escasa diferencia de temperatura del suelo entre el verano y el invierno, no es atribuible a la influencia del mar.

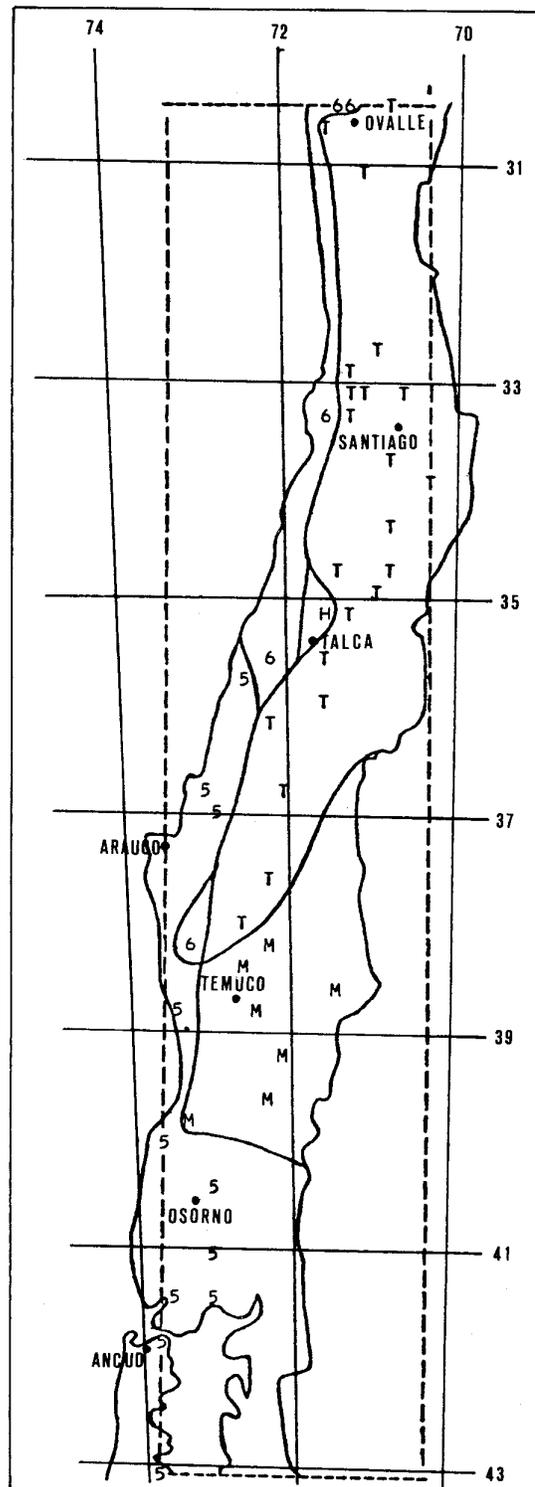


Figura 5. Regímenes de temperatura de los suelos. M—México; T—Térmico; H—Hipertérmico; 5—Isomésico; 6—Isotérmico.

Sin embargo, es necesario destacar que, en este procesamiento de datos, la amplitud de la diferencia entre las temperaturas medias (del aire) del verano e invierno, se redujo en un tercio, cifra probablemente excesiva y que puede influir en una sobreestimación de la presencia de los regímenes iso. Se estima conveniente, por lo tanto, realizar mediciones en terreno, con el fin de comprobar la validez de estas reducciones.

**Regímenes térmico y méxico.** El primero se distribuye, por el sector central del país, desde los 18° S hasta los 37° S. Es muy probable que en el sector arídico, especialmente al norte de los 25° S, existan regímenes hipertérmicos, pero la falta de estaciones no permitió probarlo. En general, se asocia a dos regímenes de humedad de los suelos. De Ovalle (30°36') hacia el norte, con el régimen arídico, y en el sector central del país hasta Angol (37°48'), con el régimen xérico.

En cambio el régimen méxico se encuentra, normalmente, en regímenes de humedad údico y más raramente en regímenes ústicos. La transición entre ambos regímenes, méxico y térmico, es un límite que se puede definir con claridad y que corresponde aproximadamente a la hoya hidrográfica del río Biobío (Figura 5).

## CONCLUSIONES

Como ya se planteó en la discusión del régimen xérico, no habría una exacta correspondencia entre las condiciones hídricas del perfil del suelo proporcionadas por el modelo aplicado, y lo que ocurre en la realidad. Además del rápido desecamiento a que están expuestos los suelos por efecto de la marcada fluctuación diaria de temperatura, es necesario considerar que las fórmulas de Thornthwaite subestiman la evapotranspiración potencial.

De acuerdo con datos proporcionados por el USDA (1972), esta subestimación fluctúa entre 15 y 48 por ciento, en los meses de verano, y en los meses de invierno llega al 100 por ciento, en comparación con los datos de evapotranspiración del lisímetro. Para el año completo, los datos de Thornthwaite son inferiores en, aproximadamente, un 30 por ciento a los datos del lisímetro. Cálculos de evapotranspiración potencial realizados en El Líbano, Egipto e Irak por Billaux (1979), utilizando diferentes métodos, confirman la tendencia señalada. Según el método de Thornthwaite, la evapotranspiración anual es entre 33 y 58 por ciento inferior, en comparación con datos obtenidos por mediciones directas. En este estudio las mayores diferencias se producen en los meses lluviosos.

Si se ajustaran los resultados obtenidos en este trabajo en, aproximadamente, un 30 por ciento, es probable que los regímenes de humedad de los suelos no tendrían una variación de importancia. Solamente se podría producir un ajuste en las zonas límites. Pero sí se podría reducir la cantidad de días que el suelo permanece húmedo después del solsticio de invierno. Por estas razones, el programa de Newhall no debe interpretarse como un mecanismo para determinar épocas o necesidades de riego, sino solamente como un medio de estimación de los regímenes de humedad y temperatura de los suelos, con fines de clasificación.

Sin embargo, podría utilizarse como una herramienta para determinar necesidades de riego, si en el modelo se introducen variables que hasta el momento no se toman en cuenta. En estas condiciones sería importante considerar las pérdidas por escurrimiento superficial, la profundidad efectiva de la sección de control y, además, contar con datos más detallados. Esto último es especialmente válido para las temperaturas del suelo y mediciones de evapotranspiración potencial.

## RESUMEN

Se determinaron los regímenes de humedad y temperatura de los suelos de Chile, según la Taxonomía de Suelos (USDA, 1975). Para ello se aplicó un programa FORTRAN, basado en el modelo de Newhall (1976), a datos de temperaturas medias mensuales y precipitaciones de 62 estaciones meteorológicas, desde Arica (18°28' S) hasta San Pedro (47°43' S).

El límite arídico-xérico se puede ubicar ligeramente al sur de Los Vilos, aun cuando la escasez de estaciones meteorológicas no permitió afinar el límite. El régimen xérico se distribuye por el Llano Central hasta

la ciudad de Los Angeles, aproximadamente. El régimen ústico se distribuye por una franja costera entre Valparaíso y Concepción. De ahí hacia el sur aparece primero el régimen údico y posteriormente el perúdic.

Con relación a los regímenes de temperatura, se pudo apreciar que los regímenes iso se asocian a las estaciones costeras. Solamente de Temuco hacia el sur (isoméxico) no se cumple esta norma, lo que se interpretó como una zona con una menor fluctuación de temperatura en el rango entre los 8° C y 15° C. Estos regí-

menes iso del interior, no tendrían su explicación en la acción moderadora del mar.

Finalmente, se aplicó una subdivisión de los regímenes de humedad, propuesta por A. Van Wambeke.

## SUMMARY

### Soil moisture and soil temperature regimes of the soil of Chile

Soil moisture and soil temperature regimes were calculated for the soils of Chile according to Soil Taxonomy (USDA, 1975). A program in FORTRAN, based on Newhall's arithmetic model, was applied to meteorological data, from 18°28' S to 47°43' S latitudes.

The limit between the aridic and the xeric moisture regimes was located approximately south of Los Vilos. However, this is not a precise boundary, due to the lack of sufficient meteorological information. The xeric moisture regime occurs in the Central Valley down to Los Angeles. The ustic moisture regime is

found along the coast, between Valparaiso and Concepción. To the south, udic and perudic moisture regimes are recognized.

With regard to soil temperature regimes, the iso regimes are associated with coastal areas. South of Temuco, iso temperature regimes are not only located along the coast, but also in the interior. It is assumed that the latter are less dependent on oceanic influence.

Finally, a tentative subdivision of moisture regimes for Chile is given.

## LITERATURA CITADA

- BILLAUX, P. 1979. Note concernant l'utilisation de l'évapotranspiration potentielle obtenue par calcul. Centre Arabe pour les Etudes des Zones Arides et des Terres Seches. Division de la Science des Sols. Damas. 12 p. (mimeo).
- NEWHALL, F. 1976. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Soil Survey Investigation Report. Soil Conservation Service. USDA.
- ROZOV, N.N. AND IVANOVA, Y.N. 1967. Classification of the soils of the U.S.S.R. Soviet Soil Science 3: 288-300.
- TAVERNIER, R. Y VAN WAMBEKE, A. 1976. Determinación del régimen hídrico de los suelos de España, según el modelo matemático de Newhall. Agrochimica, XX (4-5): 406-412.
- USDA. 1972. A comparison of lysimeter-derived potential evapotranspiration with computed values. Agricultural Research Service. Technical Bulletin N° 1452. 71 p.
- USDA. 1975. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service. Agriculture Handbook N° 436. 754 p.
- VAN WAMBEKE, A. Y SCOPPA, C. 1976-1977. Las tasas climáticas de los suelos argentinos. Revista de Investigaciones Agropecuarias. INTA, Buenos Aires. Serie 3, Clima y Suelos. Vol. XIII (1): 7-39.