

CURVAS DE DISTRIBUCION ANUAL DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS EN CHILE¹⁻³

YEARLY DISTRIBUTION CURVES OF MAXIMUM AND MINIMUM TEMPERATURES IN CHILE

JULIO R. GUTIERREZ²⁻⁴ y ERNST R. HAJEK²⁻⁴

SUMMARY

Prediction of temperatures has a significant meaning for practical purposes, especially in the agricultural field.

Temperature courses along the year may be approximated fairly well by using a harmonic analysis, the number of terms being related to the number of maxima during the year. For Chile the following equation has been used for predicting maximum and minimum temperatures $y(t) = a_0 + A \cos(t - \phi)$; where $y(t)$ is the maximum or minimum temperature, a_0 is the mean annual temperature of maxima or minima, A is the difference between the maximum value of temperatures along the year and the average a_0 , t is the time in days from the first climatological week on (starting July 1) and ϕ represents the day in which the curves reach their maximum value.

No significant differences were observed between predicted and observed values ($P > .99$).

Due to the good adjustment of predicted and observed values this predictor is recommended for practical use in Chile.

INTRODUCCION

En numerosos trabajos se ha enfatizado la importancia de la temperatura para el desarrollo de los cultivos agrícolas (Azpiazu y Shaw, 1972; Boughner, 1964; Castillo y Giménez, 1966; De Fina y Ravelo, 1973; Holmes y Robertson, 1959; Jennings y Timmerman, 1976; Lipton, 1971; Neild y Young, 1965) y generalmente su análisis se ha hecho considerando sólo la temperatura media. A base de éstas, se ha logrado establecer los requerimientos

térmicos de varios cultivos para completar su desarrollo. Conociendo además, las condiciones climáticas generales de determinadas regiones se han confeccionado calendarios con fechas de siembra y cosecha bastante precisas (Neild y Young, 1965; Prine, Guilarte y Duncan, 1974).

Generalmente, la temperatura es obtenida al promediarse la temperatura máxima y mínima, o mediante ecuaciones donde estos extremos pesan fundamentalmente. En algunos casos podemos te-

¹ Publicación aprobada por el Comité Editor de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica con el N° 183/79. Fecha recepción: 4/enero/79.

² Laboratorio de Ecología, Instituto de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile.

³ Trabajo financiado por proyecto REDFENO (DIUC 78/77).

⁴ Los autores agradecen por el servicio prestado a la Dirección Meteorológica de Chile, por facilitar la recopilación de datos, a la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, por el generoso apoyo a este trabajo y al señor Aldo Salinas, por su colaboración en el procesamiento de los datos.

ner sitios con la misma temperatura media, pero que difieren notoriamente en sus temperaturas extremas. Supongamos por ejemplo, el caso del lugar A que tenga temperaturas extremas de 30 y 10°C del B con 15 y 25°C y del C con 19 y 21°C; al promediarse estas temperaturas en todos los casos la temperatura media sería de 20°C, pero con rangos muy distintos de 20, 10 y 2°C, respectivamente.

El rango de temperaturas de una determinada región es de gran importancia para los vegetales, ya que éstos sólo se desarrollan dentro de ciertos límites cuyos valores están representados por las temperaturas máximas y mínimas. En este sentido las temperaturas extremas tendrían un mayor significado biológico que la temperatura media.

Las temperaturas máximas y mínimas van cambiando en el curso del año en forma similar a como ocurre con las temperaturas medias (Rosenberg, 1963). Bingham (1963) ha determinado las curvas de distribución de temperaturas extremas en Canadá durante el año climatológico. Este autor ha mostrado que la distribución no es estrictamente normal, pero que, sin embargo, para muchas aplicaciones prácticas ésta sería una buena aproximación. Ha señalado también que los valores de las temperaturas máximas y mínimas para todas las semanas del año climatológico pueden ser especificados usando un análisis armónico como el descrito más abajo:

$$y(t) = a_0 + A_1 \cos(t - \phi_1) + A_2 \cos 2(t - \phi_2) + A_3 \cos 3(t - \phi_3)$$

donde $y(t)$ es la temperatura máxima o la temperatura mínima, a_0 es la temperatura media anual de las máximas o mínimas, A es la diferencia entre el valor máximo que alcanzan las temperaturas en el curso del año y el promedio a_0 , t es el tiempo en días a contar de la primera semana del año climatológico y ϕ representa el día en que las curvas alcanzan los valores máximos.

El conocimiento de la distribución de temperaturas máximas y mínimas es de suma importancia en la planificación de épocas de siembra, ya que éstas afectan tanto la germinación de semillas (Sharma, 1976) como el crecimiento de las plantas (Nothmann y Koller, 1975; Peacock, 1975, 1976; Rosenberg, 1963).

El objetivo de este trabajo es establecer cuál es el curso de las temperaturas máximas y mínimas durante el año en diversas localidades de Chile y entregar los valores que especifican dichas distribuciones para que puedan ser usados con fines predictivos.

MÉTODOS

En este trabajo se usó información de temperatura de 35 Estaciones chilenas entre Arica (18°28' lat. S y 70°19' long. W) y Punta Dungenes (52°24' lat. S y 68°27' long. W). Los datos originales de temperaturas máximas y mínimas diarias del período 1965-1970 se recopilaron de la Oficina Meteorológica de Chile. Un programa procesado en el computador Burroughs B-3500 de CECICO (Universidad Católica), permitió obtener el promedio de las temperaturas máximas y mínimas semanales. Para cada semana se calculó la temperatura promedio durante el período 1965-1970, tanto para la temperatura máxima como para la temperatura mínima. Posteriormente se procedió a graficar estos datos en función de las semanas. Se consideró el 1° de julio como el comienzo de la primera semana climatológica, finalizando la última el 30 de junio del año siguiente (Hajek, Damm y Rodríguez, 1976).

De acuerdo a Bingham (1963), se aplicó la función coseno que describe en forma bastante aproximada la distribución de temperaturas máximas y mínimas durante el año climatológico en Chile. En el caso de Chile, la función consta de dos términos por presentar las curvas un

solo máximo durante el año climatológico. La ecuación es la siguiente:

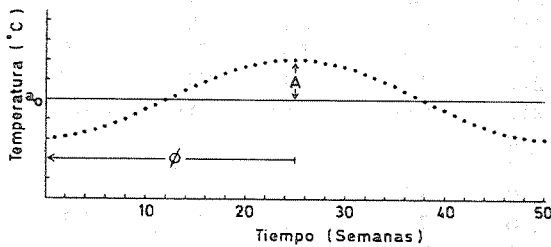
$$y(t) = a_0 + A \cos(t - \phi)$$

donde $y(t)$ representa la temperatura máxima o mínima, a_0 es la media anual de las temperaturas máximas o mínimas, A es la diferencia entre a_0 y el máximo que alcanzan las temperaturas en el curso del año y ϕ es la distancia (en días) entre el 1° de julio y el día en el cual está el máximo de la curva. Se muestra gráficamente el significado de estos parámetros en la Fig. 1.

FIGURA 1

REPRESENTACION GRAFICA DE LOS TERMINOS a_0 , A y ϕ QUE DEFINEN LA CURVA DE TEMPERATURA EN FUNCION DEL TIEMPO

Explanation of terms a_0 , A and ϕ in the calculation of temperature as a function of time.



RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de a_0 , A y ϕ para las localidades analizadas se muestran en la Tabla 1. Tanto en el caso de las temperaturas máximas como en el caso de las mínimas, a_0 disminuye linealmente con la latitud. Esta relación, que es similar a la que se ha verificado para otras expresiones de la temperatura en Chile (Hajek y Gutiérrez, 1979), aparece en la Fig. 2.

En la Fig. 3, se relacionó la temperatura máxima media anual (a_0 máx) con la temperatura mínima media anual (a_0 mín) y se agruparon las localidades analizadas de acuerdo a estos parámetros.

FIGURA 2
RELACION ENTRE LATITUD Y EL a_0 DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS (Mx) Y TEMPERATURAS MINIMAS (Mn)

Relationship between latitude and the a_0 of maximum and minimum temperatures

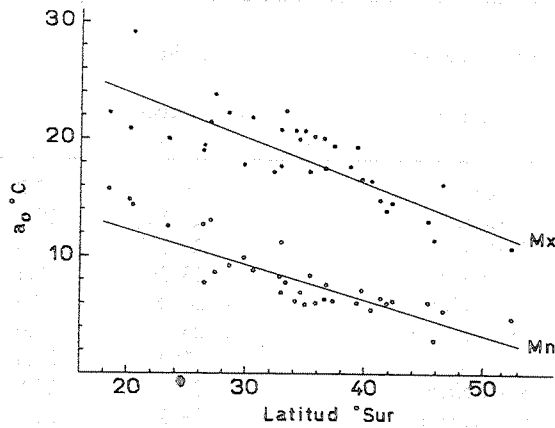
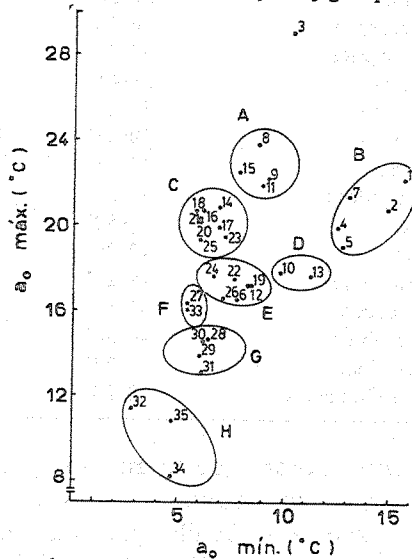


FIGURA 3

RELACION ENTRE a_0 MAXIMO Y a_0 MINIMO EN 35 LOCALIDADES CHILENAS. EL NUMERO DE CADA LOCALIDAD CORRESPONDE AL ESPECIFICADO EN LA TABLA 1. VER EL TEXTO PARA EL ANALISIS DE GRUPOS A-H

Relationship between a_0 maximum and a_0 minimum for 35 Chilean localities. Number of stations corresponde to those specified in Table 1. See text for analysis of groups A-H



Hemos denominado como A, B, C, D, E, F, G, y H a los grupos formados.

En el grupo A tenemos las localidades de Copiapó, Vallenar, Ovalle y Santiago, que son todas continentales. Es

TABLA I
VALORES DE a_0 , ϕ , y A PARA LAS TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS
EN LOCALIDADES CHILENAS

Values of a_0 , ϕ , and A for maximum and minimum temperature in Chilean localities

N° Estaciones Stations	Latitud Latitude	Temperaturas máximas Maximum temperatures			Temperaturas mínimas Minimum temperatures		
		a_0	ϕ	A	a_0	ϕ	A
1 Arica	18°28'	22.2	224	4.1	15.6	217	3.0
2 Iquique	20°12'	20.8	224	4.0	14.8	224	2.5
3 Pica	20°30'	29.0	196	2.0	10.3	224	3.0
4 Antofagasta	23°29'	20.1	224	4.0	12.5	217	3.0
5 Chañaral	26°20'	19.0	217	4.0	12.7	217	4.0
6 Potrerillos	26°30'	16.6	224	3.0	7.7	224	3.0
7 Caldera	27°03'	21.4	224	4.0	13.0	224	3.5
8 Copiapó	27°21'	23.8	203	4.5	8.7	217	4.0
9 Vallenar	28°35'	22.2	203	4.0	9.2	217	3.8
10 La Serena	29°54'	17.8	217	3.5	9.8	217	3.5
11 Ovalle	30°36'	21.9	210	5.0	8.9	217	3.5
12 Quintero	32°47'	17.2	217	4.0	8.3	217	3.5
13 Valparaíso	33°01'	17.7	210	4.2	11.2	217	2.8
14 El Belloto	33°03'	20.9	210	6.5	6.9	210	4.0
15 Santiago	33°27'	22.5	203	8.0	7.8	203	4.5
16 Rancagua	34°10'	20.8	210	7.5	6.1	203	5.0
17 San Fernando	34°35'	19.9	210	9.0	6.9	203	5.0
18 Curicó	34°58'	20.7	217	9.5	5.8	210	4.5
19 Constitución	35°20'	17.2	217	4.5	8.4	210	3.5
20 Linares	35°51'	20.2	210	9.0	6.0	196	4.0
21 Chillán	36°36'	20.0	210	8.0	6.3	196	4.0
22 Concepción	36°50'	17.5	217	5.0	7.6	224	3.5
23 Los Angeles	37°28'	19.5	210	8.5	7.2	210	4.0
24 Temuco	38°45'	17.6	210	7.0	6.6	210	3.5
25 Loncoche	39°23'	19.3	203	8.0	6.0	210	3.5
26 Valdivia	39°48'	16.6	210	6.5	7.1	210	3.5
27 Osorno	40°35'	16.4	210	6.5	5.4	210	3.0
28 Puerto Montt	41°28'	14.7	210	5.0	6.4	210	4.0
29 Ancud	41°52'	13.9	210	5.0	6.0	210	3.5
30 Castro	42°29'	14.6	210	4.5	6.2	210	3.0
31 Puerto Aisén	45°24'	13.1	203	6.5	6.1	210	4.5
32 Balmaceda	45°54'	11.4	203	7.0	2.8	210	4.5
33 Chile Chico	46°36'	16.1	196	8.0	5.4	210	5.3
34 Evangelistas	52°24'	8.2	224	2.5	4.7	238	2.0
35 Punta Dungenes	52°24'	19.8	210	6.5	4.8	217	4.0

interesante notar que Santiago presenta un a_0 máximo superior a las localidades de Vallenar y Ovalle que están más al norte, y que en cambio su a_0 mínimo es el menor de las cuatro localidades. Este mayor rango en las temperaturas podría deberse a la ubicación de esta localidad, afectada por condiciones topográficas.

Incluimos en el grupo B a las localidades de Arica, Iquique, Antofagasta, Chañaral y Caldera, todas litorales y ubicadas en el norte del país. Presentan a_0 máximos inferiores a los del grupo A, pero los a_0 mínimos son mucho más altos. Esto se traduce en que el rango de temperatura es menor en estas localida-

des, debido al efecto amortiguador que tiene el mar sobre las temperaturas y que ya ha sido señalado en otros trabajos (Hajek y Gutiérrez, 1979).

Las localidades de El Belloto, Rancagua, San Fernando, Curicó, Linares, Chillán, Los Angeles y Loncoche están en el grupo C. Con la excepción de El Belloto (con influencia litoral), el resto de las localidades son continentales. Este grupo presenta a_0 máx entre 19 y 21°C, que son inferiores a las del grupo A y temperaturas mínimas entre 5 y 7°C. Esta disminución en las temperaturas se debería al efecto latitudinal.

En el grupo D, está La Serena y Valparaíso, que son litorales. Ambas presentan a_0 máx entre 17 y 18°C. En cambio, el a_0 mín es relativamente alto (alrededor de 10°C).

Quintero, Constitución, Concepción y Valdivia, que son litorales, se ubican en el grupo E. Además, Temuco y Potrerillos que son continentales. Es interesante notar la posición de Potrerillos que es una localidad del norte, pero en la cual la altitud (2600 m.s.n.m.) está afectando su a_0 máx. Debido a un escaso desarrollo de la Cordillera de la Costa en el sector de Temuco, esta Estación estaría sujeta a efectos litorales.

Conforman el grupo F, Osorno y Chile Chico con un a_0 máx muy similar. En Chile Chico el alto a_0 máx se debería a la presencia del Lago Carrera, hecho ya señalado anteriormente (Hajek y Gutiérrez, 1979).

Después tenemos el grupo G conformado por Puerto Montt, Ancud, Castro y Puerto Aisén, todos litorales. Presentan un a_0 mín muy parecido, variando solamente en su a_0 máx.

Finalmente, en el grupo H están las localidades más australes de Balmaceda, Evangelistas y Punta Dungenes que presentan a_0 máx y a_0 mín inferiores a todos los otros grupos analizados, lo que estaría dado por el efecto latitudinal.

De todas las localidades analizadas,

Pica es la que se aparta más fuertemente del resto. Esto se debería a que es la localidad continental que está más al norte, por lo tanto presenta altos valores de a_0 máx y relativamente un bajo a_0 mín a esa latitud.

En cuanto al valor de A, se observa que hay una mayor variación de éste en el caso de las temperaturas máximas que en las temperaturas mínimas. Dentro de las temperaturas máximas, sin embargo, las localidades continentales (Santiago, San Fernando, Curicó, Linares, etc.) muestran una mayor variación que las litorales (Arica, Iquique, Evangelistas, etc.). El calentamiento de la superficie terrestre crea condiciones de turbulencia en las capas cercanas a la superficie del suelo. El aire bajo esas circunstancias es altamente fluctuante en cuanto a las características térmicas; ello está sujeto a factores locales. Cuando cesa este calentamiento y la radiación neta se hace negativa, los ambientes tienden a uniformarse térmicamente y generar temperaturas mínimas relativamente parejas. Durante la época de verano, debido a las condiciones de mayor calentamiento terrestre, son más activos los intercambios de aire por turbulencia (fenómenos convectivos) y se alcanzan mayores temperaturas máximas. Igualmente debido al enfriamiento radiativo de la superficie terrestre durante la noche se generan temperaturas menores, lo cual se refleja en temperaturas mínimas más bajas. En las épocas de invierno, el calentamiento de la superficie es menor, la nubosidad es mayor, con lo que se genera radiación térmica desde las nubes y las temperaturas mínimas son más altas. Así, en verano se cuenta con extremos térmicos (diferencia máxima-minima) más distantes, en cambio en invierno, los rangos de oscilación son menores. En este sentido las Estaciones litorales tendrían características "invernales" y las continentales de tipo "estival".

En la Fig. 4 a-f se muestra para el año climatológico la distribución de tempe-

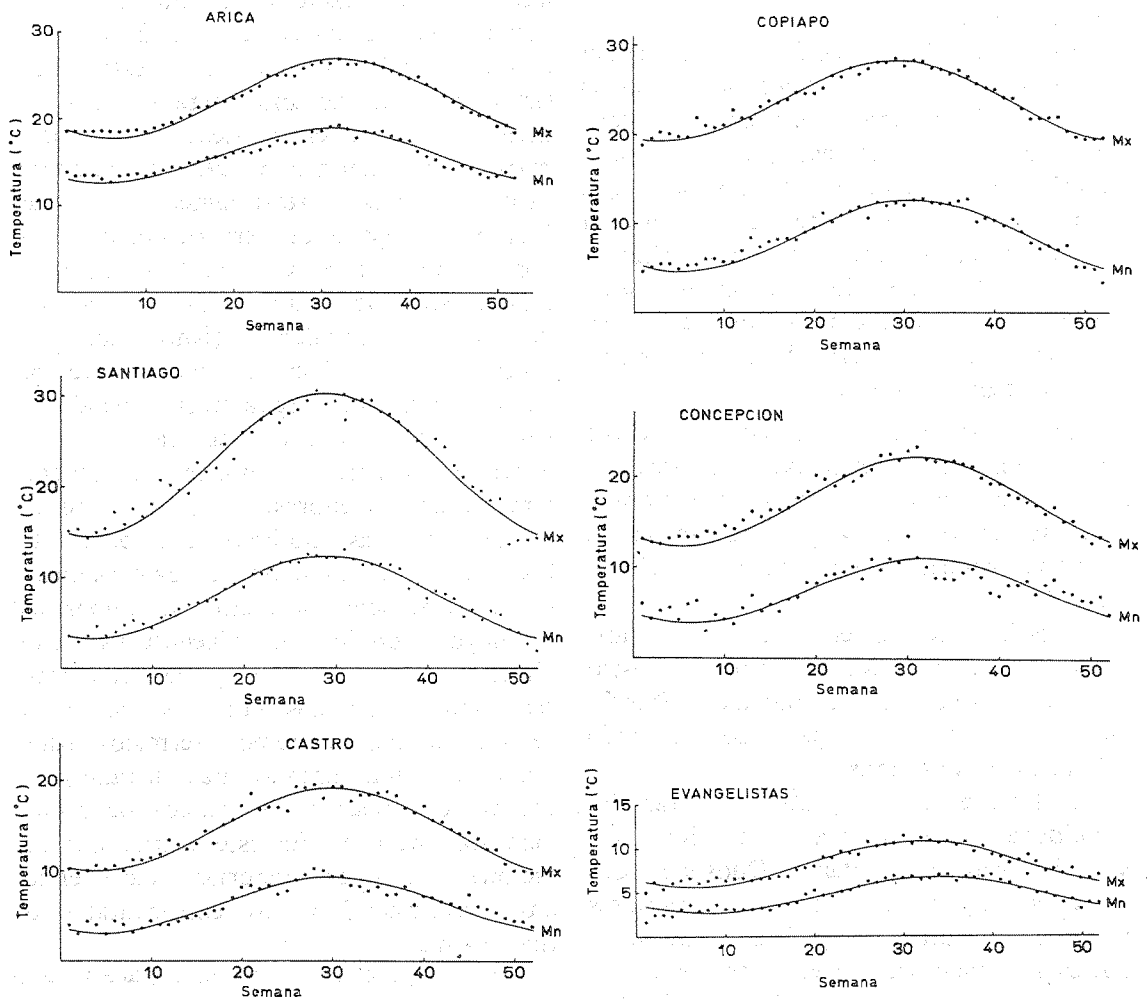
raturas máximas y mínimas observadas (puntos) y la curva resultante de la aplicación de la función coseno para algunas localidades representativas de Chile. Nótese el grado de ajuste que existe entre los valores observados y los calculados por la ecuación. En todos los casos analizados se hizo un test de Chi-cuadrado (X^2) para determinar si había diferencias significativas entre los valores esperados y los valores observados, obteniéndose

probabilidades mayores a .99 por lo que no se consideró necesario especificar el valor del X^2 para cada localidad.

Debido al buen ajuste que se logra entre los datos de observación y los calculados al aplicar la función coseno para las temperaturas máximas y mínimas en Chile, las ecuaciones pueden ser usadas con fines prácticos predictivos, en diversos campos de aplicación.

FIGURA 4 a-f
TEMPERATURAS MAXIMAS (Mx) Y MINIMAS (Mn) OBSERVADAS (PUNTOS) Y CALCULADAS POR LA FUNCION COSENO (CURVA) PARA EL AÑO CLIMATOLOGICO EN LAS LOCALIDADES DE ARICA, COPIAPO, SANTIAGO, CONCEPCION, CASTRO Y EVANGELISTAS

Observed (dots) and predicted (curve) maximum (Mx) and minimum (Mn) temperatures for the climatological year in Arica, Copiapó, Santiago, Concepción, Castro and Evangelistas. The curves were calculated with aid of the cosine function



RESUMEN

En este trabajo se utiliza una ecuación basada en el análisis armónico para predecir temperaturas máximas y mínimas en Chile. No existen diferencias significativas entre valores de observación y de predicción ($p > .99$).

Esta ecuación puede utilizarse para describir la distribución de temperaturas máximas y mínimas en Chile. Para ello se presentan, tabulados para 36 localidades de Chile, los valores correspondientes de a_0 , A y ϕ .

LITERATURA CITADA

- AZPIAZU, C. R.H. SHAW. 1972. *Comparison of several methods of growing degree unit calculations for corn (Zea mays L.)*. Iowa St. J. Sci. 46:435-442.
- BINGHAM, C., 1963. *Probabilities of weekly averages of the daily temperature maximum, minimum and range*. Bull. 659. The Connecticut Agr. Exp. Stn. New Haven.
- BOUGHNER, C.C., 1964. *The distribution of growing degree-days in Canada*. Can. Met. Mem. 17:1-40.
- CASTILLO, F.E. y R. GIMÉNEZ, 1966. *Fenología de algunas variedades de trigo de invierno en España en relación con la suma de grados-día y unidades fototérmicas*. Anales INIA (Madrid) 15:25-39.
- DE FINA, A.L. y A.C. RAVELO, 1973. *Climatología y fenología agrícolas*. EUDEBA. Buenos Aires, 281 p.
- HAJEK, E.R.; E. RODRIGUEZ y A. DAMM, 1976. *Aplicación del método de las sumas térmicas para la determinación de los períodos vegetativos en Chile*. Ciencia Inv. Agr. 3(4):175-180.
- HAJEK, E.R. y J. GUTIERREZ, 1979. *Períodos vegetativos en Chile: un enfoque basado en la temperatura*. Ciencia e Inv. Agr. 6: 21-49.
- HOLMES, R.M. y G.W. ROBERTSON, 1959. *Heat units and crop growth*. Publ. 1042. Canada Dept. Agr. Ottawa.
- JENNINGS, P.H. y J.C. TIMMERMAN, 1976. *Effects of day-length and temperature on growth of Viburnum sieboldii*. J. Hort. Sci. 51:467-471.
- LIPTON, W.J., 1971. *Temperatures and net energy gain in a growing, mature head of lettuce*. Agr. Meteor. 8:429-437.
- NEILD, R.E. y J.O. YOUNG, 1965. *Comparative climatology as an approach for defining the approximative growing season for vegetables in Nebraska*. Nebraska Exp. Stn. Bull. SB 488, 1-14.
- NOTHMANN, J. y D. KOLLER, 1975. *Effects of low-temperature stress on fertility and fruiting of eggplant (Solanum melongena) in a subtropical climate*. Expl. Agric. 11:33-38.
- PEACOCK, J.M., 1975. *Temperature and leaf growth in Lolium perenne. III. Factors affecting seasonal differences*. J. Appl. Ecol. 12:685-697.
- PEACOCK, J.M., 1976. *Temperature and leaf growth in four grass species*. J. Appl. Ecol. 13:225-232.
- PRINE, G.M.; T.C. GUILARTE y W.G. DUNCAN, 1974. *Corn maturity dates for different Florida location and planting dates based on growing degree-days*. Soil Crop Sci. Soc. Florida 34:134-137.
- ROSENBERG, N.J., 1963. *Climatic atlas of irrigated regions in Nebraska*. Nebraska Exp. Stn. Miscell. Publ. 9, 1-76.
- SHARMA, M.L., 1976. *Interaction of water potential and temperature effects on germination of three semi-arid plant species*. Agronomy Journal 68:390-394.

exclusivamente la injertación (Hartman y Kester, 1975), la cual no ha sido exitosa en los viveros chilenos. Otro método de aplicación práctica es el acodado, o enraizamiento de brotes mientras están unidos a la planta madre, el cual presenta la ventaja sobre la injertación de eliminar totalmente la juvenilidad. Existe información que da cuenta de buenos resultados en nogal Paradox, híbrido de *J. hindsii* y *J. regia* (Witt, 1930, citado por Solignat y Venot, 1966, y Serr, 1954), y en nogal negro, *J. hindsii* (Serr, 1964; Farmer y Hall, 1973). Estos investigadores señalan que el nogal común es mucho más difícil de enraizar. Sin embargo, se ha logrado éxito con anillado y acodado en un período de dos años (Zatykó, 1959) o en un solo año (Solignat y Venot, 1966), al punto que se ha llegado a recomendar la propagación por este método (Mac Millan Browse, 1969, 1971).

Los antecedentes expuestos promovieron el interés de estudiar la posibilidad de propagar por acodos algunos árboles (clones) de nogal, de sobresalientes características pomológicas en huertos chilenos.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con nogales tipo Eureka de 12 años de edad, seleccionándose tres clones, cada uno con ocho brotes adventicios de un año, todos ellos originados en la región del cuello. A mediados de octubre se procedió a anillar (extracción de un anillo de corteza de 1 cm de ancho en la base del brote) la mitad de los brotes y, a su vez, la mitad de cada uno de estos grupos se pintó en su base con ácido indolbutírico (AIB) a 8.000 ppm. Todos los brotes fueron aporcados hasta una altura de 40 cm, región que se mantuvo húmeda por riego frecuente.

Igual tratamiento se llevó a cabo con brotes adventicios del año y con brotes maduros provenientes de pitones, con otros clones.

El análisis histológico de la secuencia en la aparición de raíces se efectuó en trozos de callo (material fresco), los que fueron sometidos a cortes seriados, a mano alzada, y luego teñidos con el método safranina-fast green (Sass, 1958).

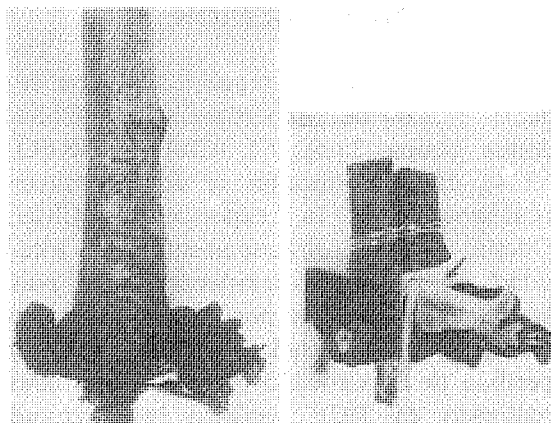
RESULTADOS Y DISCUSION

Todos los brotes adventicios del año anterior (un año), de los tres clones, que fueron anillados y aporcados, produjeron a fines de marzo, sin diferencia por efecto del AIB, una gran masa de callo con formaciones que semejabán raíces incipientes (Figura 1). Únicamente dos brotes no anillados de un solo clon (G-23) emitieron alguna raíz.

FIGURA 1

FORMACION DE CALLO EN BROTES ADVENTICIOS DE NOGAL DE UN AÑO DE EDAD DESPUES DE UNA TEMPORADA DE ACODADO DE MONTICULO

Callus formation in one year old adventitious walnut shoots after one season of mound layering.

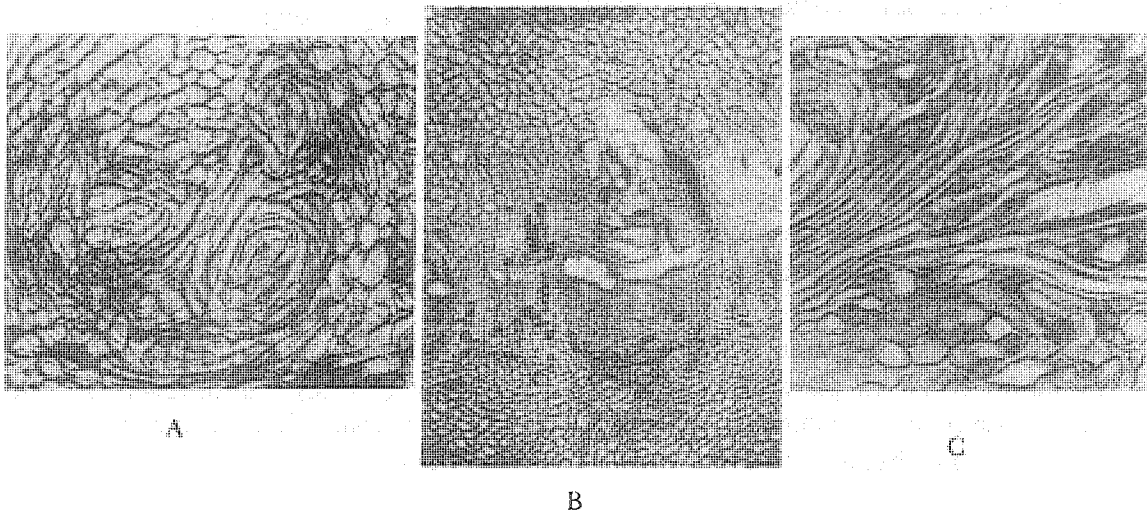


Para determinar la naturaleza y origen de esas formaciones se hizo un estudio histológico, encontrándose diferentes etapas de diferenciación de esbozos radiculares (Figura 2). Estos esbozos tuvieron su origen en el parénquima del callo, primero como un nido meristemático que luego diferenció tejido conductor. Este origen de raíces en tallos es menos común que de otros tejidos como el floema secundario nuevo o los rayos (Esau, 1965; Hart-

FIGURA 2

DIFERENCIACION DE ESBOZOS RADICULARES EN TEJIDO CALLOSO DE ACODOS DE NOGAL. A) FORMACION DE NIDOS MERISTEMATICOS EN EL PARENQUIMA; B) CORTE TRANSVERSAL MOSTRANDO XILEMA Y FLOEMA DIFERENCIADOS; C) CORTE LONGITUDINAL MOSTRANDO TEJIDO CONDUCTOR

Differentiation of root initials in callus tissue of walnut layers. A) Formation of meristematic tissue in parenchyma; B) Cross section showing differentiated xylem and phloem; C) Longitudinal section showing conductive tissue



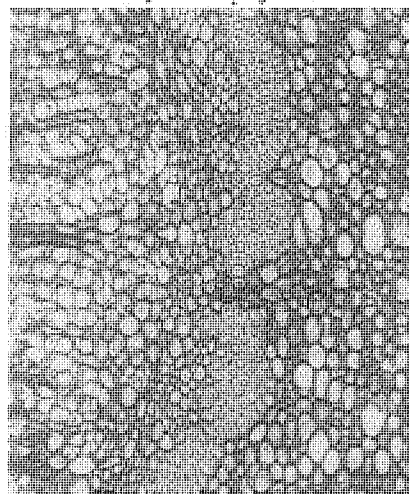
man y Kester, 1975), pero también ocurre en *Pinus radiata* (Cameron y Thompson, 1969) y en *Hedera helix* (Girouard, 1967). Las características anatómicas del brote de nogal pueden tener relación con la dificultad de formar raíces del floema (Figura 3). En primer lugar, la proporción de floema es muy baja, lo que podría significar poca actividad para generar un nuevo tejido; en segundo lugar, se constató una gran abundancia de fibras en la corteza, que llegan a formar un anillo compacto. Estos anillos esclerenquimatosos han sido señalados como restrictivos para el desarrollo de raíces desde el floema hacia el exterior en otras especies (Ciampi y Gellini, 1958), y para el desarrollo de callo en estacas e injertos de nogal (Botti y Muñoz, 1978).

El nogal común parece ser una especie cuyas ramillas acodadas enraizan muy lentamente, necesitando toda una temporada para diferenciar esbozos radiculares y, posiblemente, otra temporada para que ellos se desarrollen externamente. Esto no es un hecho aislado por cuanto

FIGURA 3

CORTE TRANSVERSAL DE UN BROTE DE NOGAL DEL AÑO, CON UN ANILLO DE ESCLEREMQUIMA (E) BIEN FORMADO EN LA CORTEZA (C). SE NOTA HACIA ABAJO UN FLOEMA (F) MUY ANGOSTO, Y CON FIBRAS DISPERSAS

Cross section of a walnut shoot with a well developed sclerenchyma ring (E) in the cortex (C): A very narrow phloem (F) is seen below the ring with many scattered fibers



tanto Zatykó (1959), usando acodo de cepa, como Serr (1964), usando acodo en trinchera y acodo aéreo (método Halma-Frolich), demoraron dos años en obtener estacas enraizadas. Esta lentitud puede explicar la ineficacia del AIB, el cual seguramente no persistió hasta el momento en que el callo estaba suficientemente desarrollado como para iniciar la diferenciación radicular.

Por otra parte, no se obtuvo ningún resultado con brotes del año, tanto de pitones como adventicios. En contraposición, Solignat y Venot (1966) obtuvieron un alto porcentaje de brotes del año de algunos clones enraizados en una sola temporada, previamente anillados y aporcados. Ellos aplicaron el AIB a la base de los brotes en pasta de lanolina, la cual aseguró un suministro prolongado de la hormona, hecho que puede ser un

factor de éxito dada la lentitud mostrado por el nogal para iniciar raíces.

La importancia de la variabilidad clonal no puede ser ignorada. Se pudo constatar una mayor capacidad rizógena en un clon, identificado como G-23, que en otros. Existe amplia evidencia sobre la enorme diferencia clonal en este aspecto (Serr, 1964; Solignat y Venot, 1966; Farmer y Hall, 1973; Fourcy y Lantelme, 1965). Como en los nucedales chilenos cada árbol es un clon diferente⁶ es muy difícil hacer estudios que requieran una población uniforme y, más aún, repetirlos. Esto mismo tampoco permite la comparación con resultados extranjeros. Queda en evidencia, una vez más, la necesidad de propagar vegetativamente variedades uniformes introducidas del exterior o árboles individuales deseables de huertos chilenos. El acodado descrito aquí ofrece posibilidades como método en este sentido.

RESUMEN

El nogal común (*Juglans regia* L.) se propaga en Chile por semilla y, por ello, los huertos muestran una gran variabilidad entre árboles en varias características pomológicas. La propagación vegetativa es una necesidad y, entre sus métodos, el acodo enraizado ofrece la ventaja de producir portainjertos uniformes o precocidad en las variedades. Por consiguiente, se estudió la posibilidad de producir plantas por acodo de cepa.

Todos los brotes adventicios de un año

de edad de tres clones, que fueron anillados y aporcados, diferenciaron esbozos radiculares de tejido de callo. Sin embargo, las raíces no se desarrollaron completamente en una sola temporada. Sólomente dos brotes no anillados de un clon produjeron alguna raíz. El ácido indolbutírico aplicado como pintura a la base de los brotes no produjo ningún efecto. Los brotes de nogal tienen un floema muy delgado y un anillo de esclerénquima notable, factores que pueden ser negativos para el enraizamiento.

LITERATURA CITADA

- BOTTI, C. y C. MUÑOZ, 1978. *Estudio anatómico de la formación de callo en estacas e injertos de nogal (*Juglans regia* L.)*. Agric. Técn. (Chile), 38(3): 98-102.
- CAMERON, R.J. y G.V. THOMPSON, 1969. *The vegetative propagation of *Pinus radiata**:

root initiation incuttings. Bot. Gaz. 130 (4): 242-251.

- CIAMPI, C. y R. GELLINI, 1958. *Studio anatomico sui rapporti tra struttura e capacità di radicazione in talee di olivo*. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 65:417-424.

- CHILE, 1974. *Catastro Frutícola*. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

⁶ Gil, G. y E. Saavedra, obra citada.

- _____, 1975. *Exportaciones Agropecuarias Chilenas*. Oficina de Planificación Agrícola (ODEPA), 428 pp.
- ESAU, K., 1965. *Plant Anatomy*. John Wiley, New York, USA, Second Edition.
- FARMER, R.E. y G.C. HALL, 1973. *Rooting black walnut after pretreatment of shoots with indolbutyric acid*. *Plant Prop.* 19(2): 13-14.
- FOURCY, A. y J. LANTELME, 1965. *Essais sur l'enracinement des boutures du noyer*. Acad. Agric. France, *Compte Rendue* 51(2): 1983-1990.
- GIROUARD, R.M., 1967. *Anatomy of adventitious root formation in stem cuttings*. *Proc. Inter. Plant Prop. Soc.* 17:289-302.
- HARTMAN, H.T. y D.E. KESTER, 1975. *Plant Propagation*. Third Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA, 662 pp.
- MAC MILLAN BROWSE, P.D.A., 1969. *Propagation by layering*. Part I. *Gard. Chron.* 166 (15): 18-21.
- _____, 1971. *Propagation of walnuts and wing nuts*. *Gard. Chron.* 168(17): 20-23.
- SASS, J.E., 1958. *Botanical microtechnique*. Third Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA.
- SERR, E.F., 1954. *Rooting Paradox walnut hybrids*. *Calif. Agric.* 8(5): 7.
- _____, 1964. *Walnut rootstock*. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.* 14:327-329.
- SOLIGNAT, G. y P. VENOT, 1966. *Multiplication végétative du noyer*. Acad. Agric. France, C. R. 52:674-677.
- ZIMMERMAN, R.H., 1972. *Juvenility and flowering in woody plants: A review*. *Hort science* 7(5): 447-455.
- ZATYKÓ, I., 1959. *Zur Frage der Vegetativen Vermehrung der Walnussbaume*. *Dtsch. Garten* 6:251-253.