

APORTE AL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS DEL BOSQUE DE FRAY-JORGE

Jochen Kummerow Sch.*

En medio de la vegetación xerofítica de la Provincia de Coquimbo (30°30' lat. Sur). crece un bosque del tipo valdiviano (OBERDORFER, 1960), a una altura de 500-600 m s.n.m., y a sólo 3 Km. de la costa. La figura 1 corresponde a una vista aérea que muestra la situación geográfica del bosque. Esta zona boscosa, que abarca una extensión de 424 Há., debe su existencia actual a las frecuentes e intensas neblinas de la región, y ha sido objeto de numerosos estudios florísticos y fitogeográficos (PHILIPPI, 1884; LOOSER, 1935; MUÑOZ y TISANO, 1947; SKOTTSBERG, 1950; SCHMITHUESEN, 1956). Sin embargo, a pesar de que todos estos trabajos coinciden en destacar la importancia vital de la neblina para la mantención de la vegetación, sólo una breve comunicación de KUMMEROW (1962) informa acerca de la magnitud que ella alcanza.

En este trabajo presentamos los resultados de cuatro años de mediciones de las precipitaciones de lluvia y neblina en Fray-Jorge, además de datos sobre duración diaria de la humectación e intensidad de la radiación global. En cuanto a información sobre temperatura y humedad relativa del aire, contamos con los datos promedios de 35 años en La Serena, a 90 Km. al norte de Fray-Jorge (ALMEYDA y SAEZ, 1958).

LOS INSTRUMENTOS Y SU UBICACION

Los siguientes dispositivos fueron utilizados para las mediciones:

1) Captador de neblina, modelo Hohenpeissenberger según Grunow, con el pluviómetro de control correspondiente (figura 2).

2) Actinógrafo según Robitsch, Fuess (figura 3).

3) Humectógrafo según Woelfle, Fuess (figura 4).

Estos instrumentos fueron instalados en un claro del bosque, a unos 500 m. de altura y a 30 m. de los árboles y arbustos más próximos. El captador de neblina y el pluviómetro de control fueron ubicados en la posición usual, siguiendo las técnicas recomendadas por GRUNOW (1963). La posición elegida no fue extrema, ya que mediciones realizadas más arriba, en el sector más densamente poblado de árboles, indicaron una mayor precipitación de neblina.

El humectógrafo se colocó de tal manera que el haz de cuerdas de cáñamo que registra la humedad quedara a 8 cm. del suelo, que es la escasa altura a que alcanza la vegetación anual. El actinógrafo fue afirmado en un poste de madera a dos metros de altura, para evitar que pudiera caer sombra sobre el elemento bimetalico del instrumento. Las cintas de control fueron reemplazadas semanalmente. Los instrumentos se protegieron con un cerco de malla.

RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla Nº 1, con los datos correspondientes a La Serena, nos orienta sobre las condiciones de temperatura de la zona. Como el bosque de Fray-Jorge está situado 500 m. más

*Prof. de la Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Jefe del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Estación Experimental Agronómica.

alto que esta ciudad costera, es necesario hacer la corrección equivalente a la diferencia de altura ($-1^{\circ}/100$ m.). Naturalmente no es posible corregir en la misma forma los datos de máxima y mínima de La Serena.

Tabla 1

VALORES DE TEMPERATURA DE LA SERENA SEGUN ALMEYDA Y SAEZ (1958) PROMEDIOS DE LOS AÑOS 1911-1946.

	Temp. media	Máx. media	Mín. media	Máx. absoluta	Mín. absoluta
Enero	17,2	21,8	13,3	23,7	9,4
Febrero	17,6	22,1	14,2	27,1	10,0
Marzo	16,4	20,7	12,6	25,2	6,5
Abril	14,5	18,4	10,8	24,9	2,9
Mayo	13,2	17,4	9,5	22,8	3,7
Junio	12,0	16,4	7,9	23,0	2,5
Julio	11,9	15,7	8,0	21,0	2,6
Agosto	12,1	16,3	7,9	24,0	1,8
Septiembre	12,5	17,0	8,4	22,0	2,8
Octubre	13,7	18,0	9,7	25,0	5,4
Noviembre	15,1	19,1	10,8	23,0	6,7
Diciembre	16,6	20,0	12,6	25,3	7,2
Promedio anual	14,4	18,6	10,5		

En la figura 5 están reunidas las mediciones de la radiación global desde mayo 1964 hasta mayo 1965, en $\text{cal.} \times \text{cm}^{-2} \times \text{d}^{-1}$. Una comparación de estos datos con los correspondientes al aeropuerto de Hamburgo (FLEISCHER, 1955), ubicado a $53^{\circ}40'$ lat. N., indican claramente que la insolación en verano alcanza valores similares, pero durante el invierno los valores en Fray-Jorge llegan fácilmente al doble. Puede concluirse, en consecuencia, que en nuestro bosque las condiciones de radiación son muy favorables durante todo el año para la fotosíntesis.

La figura 6 muestra los datos sobre la humectación diaria, los que son de gran interés ecológico. Se entiende por humectación diaria la suma de las horas de precipitación más el tiempo de desecación de las cuerdas del humectógrafo. Este segundo valor depende naturalmente de la humedad relativa del aire, turbulencia y temperatura. En todo caso, se registra el número de horas durante las cuales las cuerdas del instrumento permanecen contraídas por efecto de la humedad. Sin embargo, cabe discutir hasta qué punto los da-

tos son representativos en cuanto a la duración de humedad sobre el follaje para las diversas especies vegetales. El período de humectación se extiende principalmente a las horas de la noche, entre las 18 horas y las 9 horas. En los 20 meses de observación sólo en un 10% del tiempo se registró humectación durante el día, entre las 9 y las 18 horas.

En la figura 7 se representan los valores de las precipitaciones mensuales de neblina (registros semanales). Los valores registrados son tan altos que explican ampliamente la existencia de una zona boscosa en medio de la estepa árida que es la costa de la provincia de Coquimbo. Esta afirmación queda comprobada al comparar la magnitud de las precipitaciones de lluvia y neblina en Fray-Jorge en la tabla 2.

Tabla 2

PRECIPITACIONES DE LLUVIA Y NEBLINA EN EL BOSQUE DE FRAY-JORGE DESDE 1962 HASTA 1965. VALORES EXPRESADOS EN MM.

	1962	1963	1964	1965
Lluvia	78,7	271,6	59,5	326,4
Neblina	597,9	534,9	859,8	651,3
Suma	676,6	806,5	919,3	977,7

*1965 se registró solamente desde enero a septiembre.

De los datos de la tabla 2 se desprende que el año 1962 fue extremadamente seco. Esto produjo una fuerte regresión de la vegetación arbustiva, y especies tales como *Kageneckia oblonga* (bollén, huayo) y *Fuchsia lycioides* (palo falso) resultaron gravemente dañadas. Los años siguientes fueron más húmedos, destacándose el año 1964, durante el cual se hizo especialmente evidente la importancia de la neblina, la que en gran parte sustituyó a la escasez de lluvias. Para 1965 los valores reales deben considerarse un 25% más altos que lo indicado, ya que se llevó registro sólo durante los primeros nueve meses del año.

Parece de interés destacar el hecho, comprobado evidente en la figura 7, que la precipitación de neblina es especialmente intensa durante los meses de primavera y verano (se-

tiembre-enero), justamente cuando el crecimiento de la vegetación alcanza su máximo de intensidad. La misma figura revela además una limitación en las mediciones de precipitaciones de neblina: los altos valores registrados durante los meses de invierno, por ejemplo los de julio y agosto de 1965, no son reales. La alta velocidad del viento en días de temporal hace que se depositen gotas de lluvia sobre la malla del captador, aumentando notablemente la cantidad de agua recolectada. En cambio, el viento lleva las gotas horizontalmente sobre el pluviómetro de control, disminuyendo los valores de precipitación lluviosa. GRUNOW (1963) advirtió expresamente la existencia de esta fuente de error, que puede ser importante al instalar el instrumento en la cima de un cerro expuesto a fuertes vientos.

ACERCA DEL AGUA QUE CONTIENE LA NEBLINA

Un metro cúbico de neblina contiene aproximadamente 0,5 gr. de agua en forma de gotas (GEIGER, 1956). Esto corresponde a una precipitación de $0,0005 \text{ l/m}^2$ de superficie, cantidad que parecería insuficiente para explicar los valores registrados. Suponiendo —desgraciadamente hasta ahora faltan las mediciones correspondientes—, que el viento tuviera una velocidad de 2 m/seg., pasarían por la malla del captador de neblina, o el follaje de la vegetación, 7.200 m^3 de neblina por hora. Esto produciría una precipitación de $3,6 \text{ l/m}^2$, o sea 3,6 mm. por hora. Las mediciones realizadas durante un mes de verano dan un promedio de 5 horas de neblina por día, lo que correspondería a una precipitación aproximada de 150 mm. por mes. Efectivamente, tales valores fueron alcanzados en repetidas ocasiones. Por último, cabe mencionar que tales cifras sólo son válidas para obstáculos directamente expuestos a la acción del viento. Por detrás del obstáculo, en este caso tras los árboles, se produce un efecto de "screening" acompañado por un menor depósito de neblina. En Fray-Jorge, la mayor parte del bosque crece en el faldeo con exposición al poniente, y todas las copas de los árboles reciben la misma cantidad de neblina. En cambio hacia el oriente, debido al efecto de "som-

bra" que producen los árboles al viento, el bosque termina abruptamente y continúa sin transición el matorral xerofítico característico de la región.

Con el fin de obtener una comprobación directa de la importancia de la neblina para la mantención de la vegetación, se instalaron cerca del lugar de las mediciones dos mallas de material plástico (Saran Screen, Lumite Nº 5182800, diámetro 0,8 mm.) de 10 m^2 de superficie cada una (figura 8). Las gotas de neblina se depositan en la malla, y a pesar de que una buena porción se evapora antes de caer, el resto escurre hacia el suelo, manteniéndolo húmedo. De este modo, al cabo de pocos meses se formó bajo la malla una franja de aproximadamente 1,80 m. de ancho, con abundante vegetación herbácea manteniéndose ésta verde aun durante los meses de verano y otoño. A fines de abril de 1966 se tomaron muestras de suelo de 1-20 cm. de profundidad. Contenían un 22,4% de humedad en la zona situada bajo la malla, y un 1,8% las muestras control. En julio de 1964 se plantaron, bajo una de las mallas, dos plántulas de olivillo (*Aextoxicum punctatum*), dos de canelo (*Drymis winteri*) y un ejemplar de chinchín (*Azara microphylla*), las cuales no fueron regadas. Las plantas tenían alturas de 15-25 cm. A fines de 1966 se comprobó que un ejemplar de olivillo y la planta de Azara no sólo habían sobrevivido sino que además evidenciaban vigoroso desarrollo. Esto permite estimar que por planta bastarían $2-3 \text{ m}^2$ de malla como superficie de captación de agua. Cuando estos árboles hayan alcanzado 1,5-2 m. de altura, su propia superficie foliar bastará para captar la neblina necesaria para su mantención. Estas observaciones coinciden con las de GINDEL (1965) quien realizó estudios similares, aunque con otra técnica, en el desierto de Negev, en Israel.

RESUMEN

En el bosque de Fray-Jorge, Parque Nacional de la provincia de Coquimbo, se midió la precipitación de neblina, radiación global y humectación. Las precipitaciones de neblina pueden alcanzar valores diez veces superiores a los de lluvia, lo que permite la man-

tención de un bosque de tipo valdiviano en una zona de matorral xerófito. Se comprueba que la cantidad de neblina es suficiente para permitir el desarrollo de árboles nuevos, siempre que exista una superficie de condensación expuesta a la neblina que capte una cantidad conveniente.

SUMMARY

In the forest of Fray-Jorge, National Park in the Province of Coquimbo, Chile, the following measurements were made: fog precipitation, solar and sky radiation, and period of wetness. The fog precipitation was up to ten times greater than that of the rain. The total water balance allows the maintenance of a forest of the Valdivian type in the midst of a region of xerophytic matorral. The total precipitation (fog plus rain) is sufficient to allow growth of newly planted trees provided that a "catching frame" of adequate size exists nearby. The frame enables the mist to be trapped and transmitted to the plants.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al señor Mario Jaramillo, Práctico Agrícola, por su eficiente labor en la mantención y el cuidado de los instrumentos en el bosque de Fray-Jorge.

BIBLIOGRAFIA

ALMEYDA, E. A. y S. F. SAEZ, 1958. *Datos climáticos de Chile*. Ministerio de Agricultura, Santiago.

FLEISCHER, R., 1955. *Der Jahresgang der Strahlungsbi-lanz sowie ihrer lang-und kurzwelligen Komponenten*. Ber. des dtsh. Wetterdienstes Nr. 22: 34-40.

GEIGER, R., 1956. *Das Wasser in der Atmosphaere als Nebel und Niederschlag*. Encyclopedia of Plant Physiology III, 43-63. Springer-Verlag, Berlin-Goettingen-Heidelberg.

GINDEL, J., 1965. *Irrigation of plants with atmospheric water within the desert*. Nature (Lond.) 207: 1173-1175.

GRUNOW, J., 1963. *Weltweite Messungen des Nebelniederschlags nach der Hohenpeissenberger Methode*. Internationale Hydrologische Konferenz. IUGG-IAHS, Berkeley, Aug. 1963: 1-17.

KUMMEROW, J., 1952. *Quantitative Messungen des Nebelniederschlags im Walde von Fray-Jorge an der nordchilenischen Kueste*. Naturw. 49: 203-204.

LOOSER, G., 1935. *Argumentos botánicos a favor de un cambio de clima en Chile Central en tiempos geológicos recientes*. Rev. Hist. y Geogr., Santiago.

MUÑOZ, C. y E. PISANO, 1947. *Estudios de la vegetación y flora de los parques nacionales de Fray-Jorge y Talinay*. Agricultura Técnica 7 (2): 71-190, Santiago.

OBERDORFER, E., 1960. *Pflanzensoziologische Studien in Chile*. Verl. J. Cramer, Weinheim.

PHILIPPI, F., 1884. *Una visita al bosque más boreal de Chile*. Traducción de F. Fuentes, Bol. Mus. Nac. 13: 96-109, 1930. Original: The Journ. Bot. London, 22: 202-211.

SCHMITHUESEN, J., 1956. *Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation*. Bonner geogr. Abhandl. 17: 1-86.

SKOTTISBERG, C., 1950. *Apuntes sobre la flora y vegetación de Fray-Jorge (Coquimbo, Chile)*. Meddel. från Goeteborgs Botaniska Traedgard XVIII, Goeteborg.



Figura 1

Fotografía aérea del bosque de Fray-Jorge, tomada el 8 de marzo de 1956, a las 15.40 horas desde una altura de 34.580 pies. En la base de la fotografía, lado izquierdo, las casas de la chacra del Ministerio de Agricultura (cortesía del Instituto Geográfico Militar).

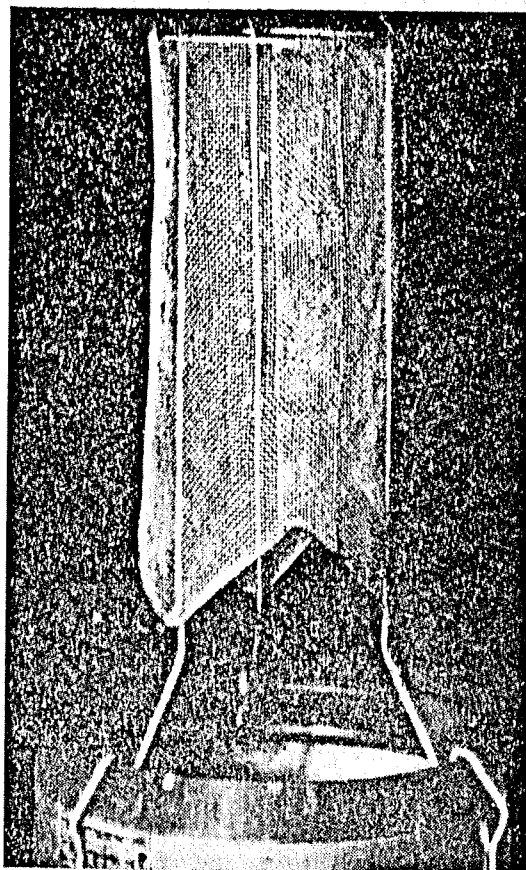


Figura 2

Captador de neblina según Grunow. La rejilla de captación tiene una superficie de 200 cm². El grosor del alambre de la malla es de 0,4 mm.

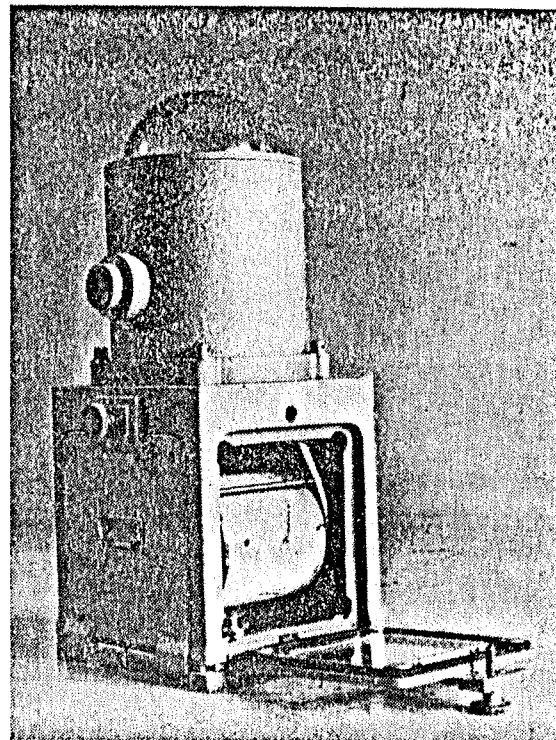


Figura 4

Actinógrafo bimetalico Robitzsch-Fuess. Registra la suma de radiación solar directa y la radiación difusa del cielo (= radiación global)

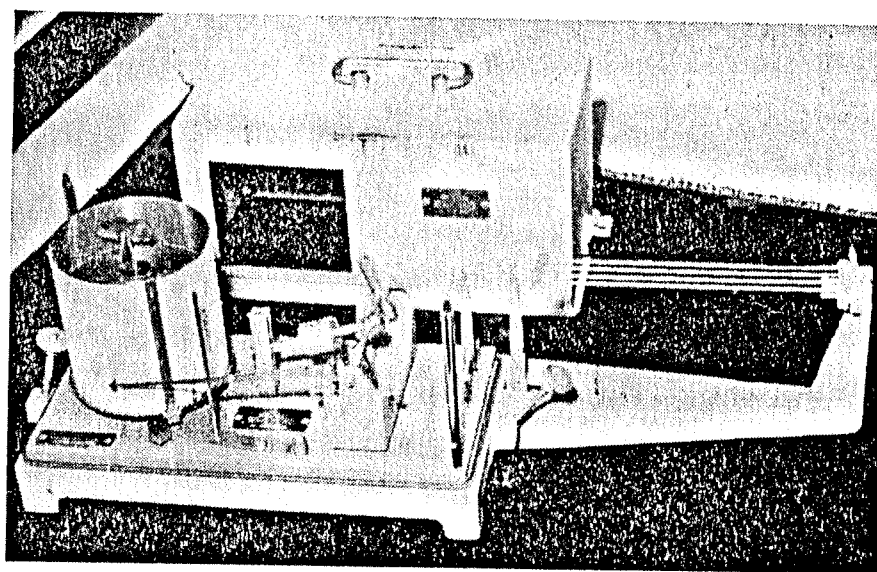


Figura 3

Humectógrafo según Woelfle. A la derecha el haz de cañamos cuya contracción se transmite mecánicamente a la pluma que escribe sobre la cinta de control del tambor rotatorio

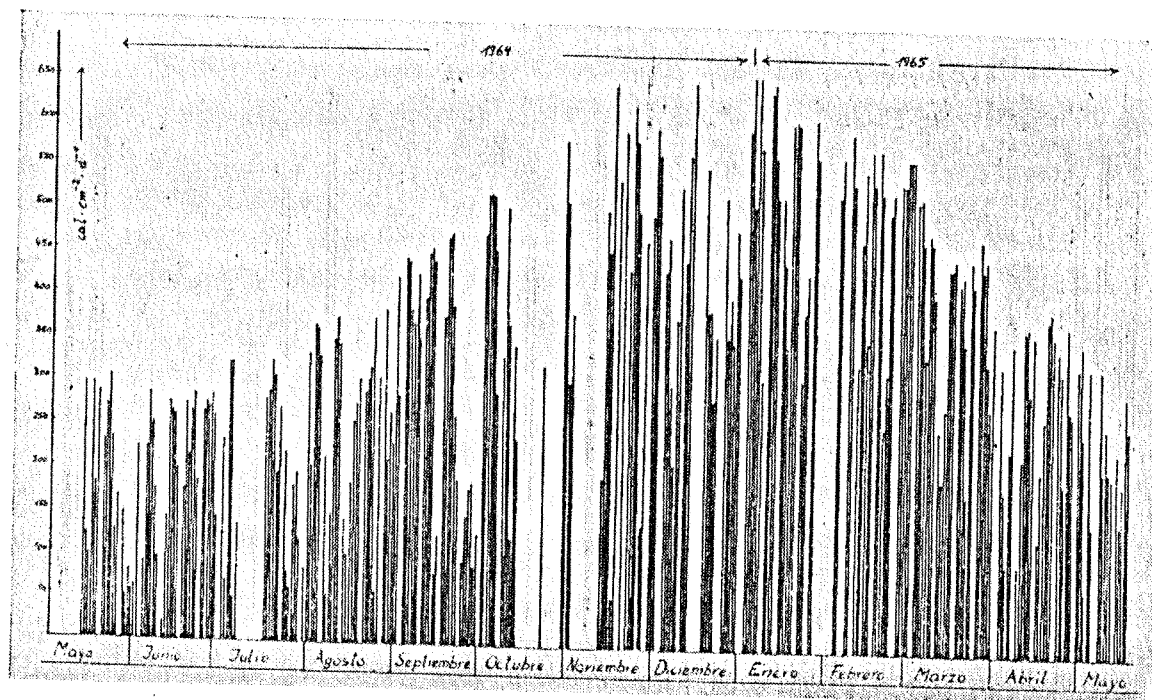


Figura 5

Radiación global en los altos de Fray-Jorge. Se destacan los valores altos de los meses de invierno. Cada línea vertical significa la radiación en cal. x cm⁻² por día. La falta de valores en algunos meses se debe a fallas del instrumento.

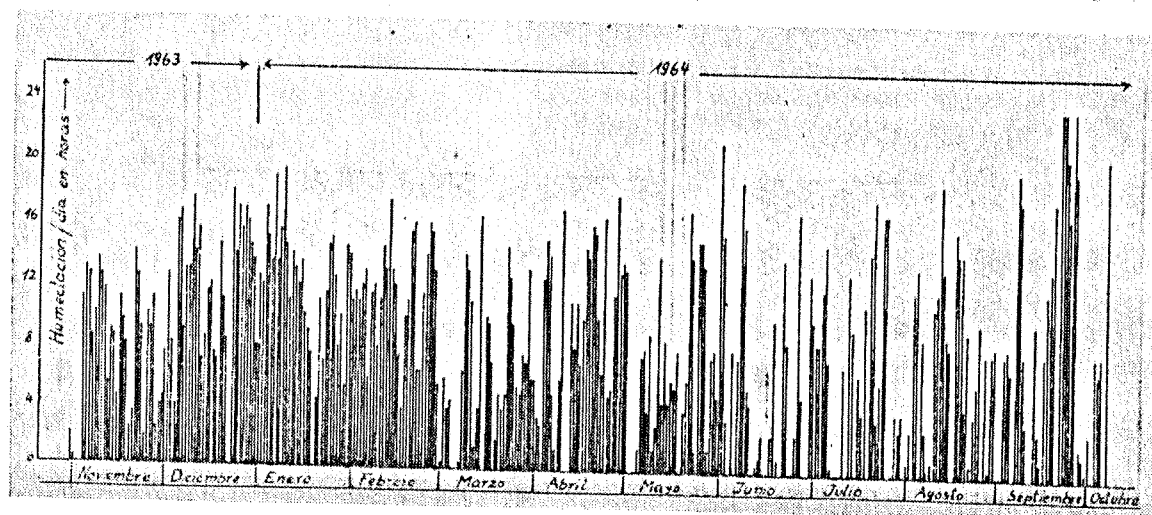


Figura 6

Humectación por día en horas. Cada línea vertical representa la cantidad de horas por día que permanecieron contraídos los cámbios del instrumento. Se observa claramente la mayor humectación diaria en los meses de verano.

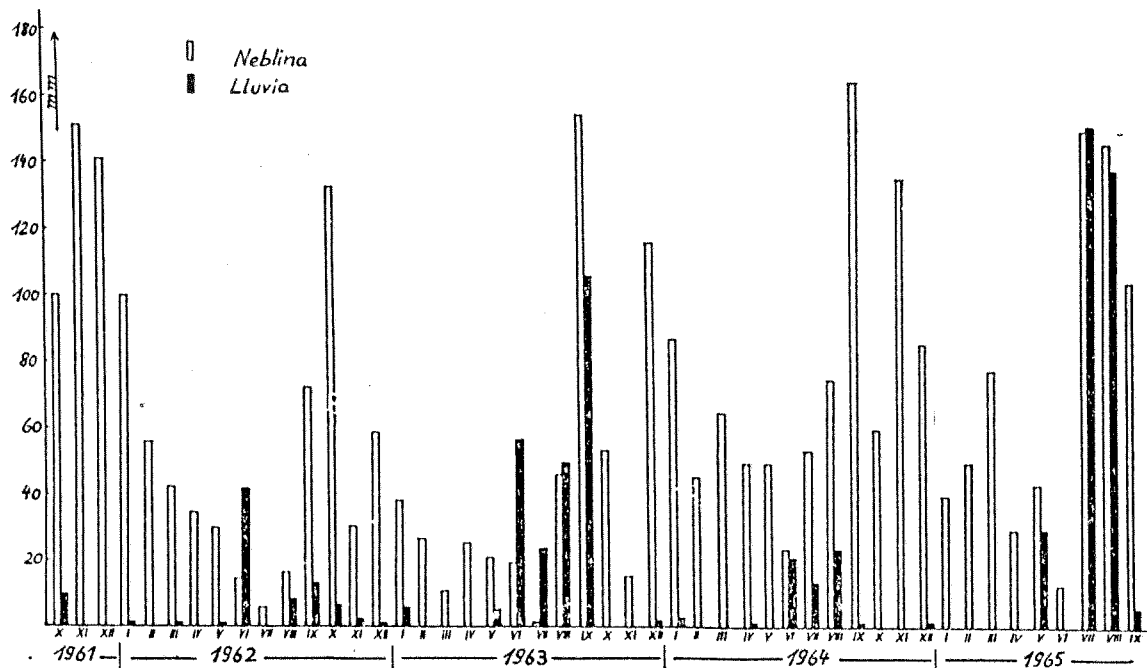


Figura 7

Precipitaciones de neblina y lluvia en los altos de Fray-Jorge. Cada columna representa la suma de precipitaciones mensuales de neblina (blanco) y de lluvia (negro). Sobre la significancia de las altas precipitaciones de neblina durante días con lluvias, véase el texto.

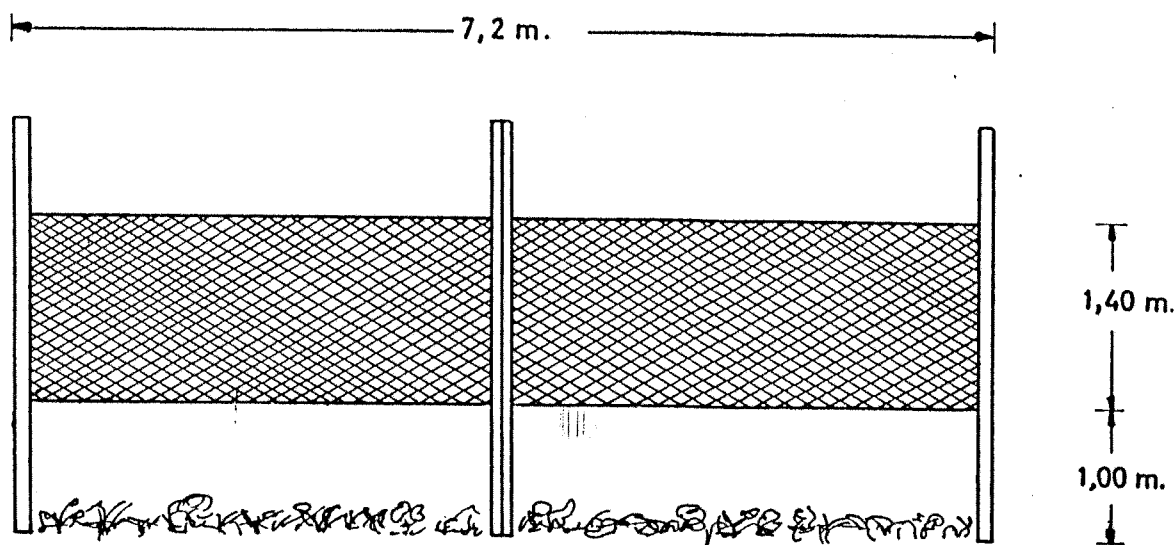
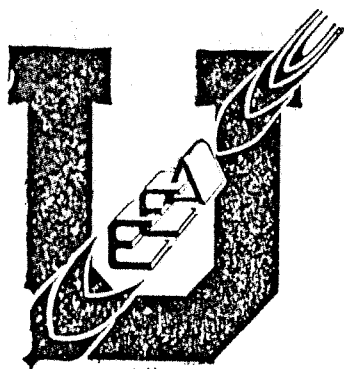


Figura 8

Malla plástica (0,8 mm.) de 10 m² de superficie para la captación de neblina. El material ha resistido ya dos temporadas de invierno sin ningún deterioro. La malla de alambre se oxidaría demasiado rápido por la alta salinidad de la atmósfera.



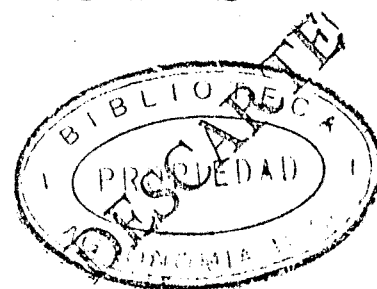
UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTACION EXPERIMENTAL AGRONOMICA

VARIACION DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN CHILE

JUAN M. GASTÓ



APORTE AL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS DEL BOSQUE DE FRAY JORGE

JOCHEN KUMMEROW

BOLETIN TECNICO N° 24, NOVIEMBRE 1966

MAIPU - CHILE