

TESIS
MM
05

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

ESTUDIO SOBRE INTENSIDAD SOLAR EN VENEZUELA

Trabajo Especial presentado
ante la Ilustre Universidad
Central de Venezuela, para
optar al título de:

HIDROMETEOROLOGISTA

Luis J. Montaña R.
Diego J. Matos

Caracas, 1.965

DEDICATORIA

A mis queridos padres

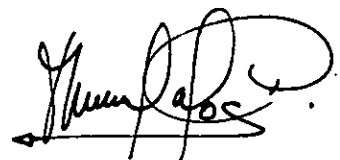
Luis J. Montaña

DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS PADRES

A MI QUERIDA ESPOSA

DIEGO J. MATOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Diego J. Matos', written in a cursive style with a horizontal line underneath.

A G R A D E C I M I E N T O

Nuestro agradecimiento al Prof. Pedro Pablo Pacheco, del departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Central de Venezuela, por su valiosa y desinteresada colaboración en la realización del presente trabajo.

Al señor Alejo Frode, del departamento de Climatología - de las Fuerzas Aéreas de Venezuela.

Al departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, en especial al profesorado que lo integran por la magnífica dedicación prestada durante nuestra formación profesional, así como a todas aquellas personas que colaboraron en este trabajo.

I N T R D U C C I O N

En vista de la gran importancia que tiene en la Climatología de un país la intensidad solar, nos hemos dedicado a la elaboración de este trabajo en el cual se analizan los pocos datos que sobre esta materia existen en Venezuela. Los efectos de la intensidad solar son determinantes tanto en la sociología como en la economía agrícola del país.

Este estudio está hecho en base a datos cedidos por el departamento de Climatología de las Fuerzas Aéreas Venezolanas, donde se han unificado las observaciones hechas en las dieciocho estaciones que registran radiación en Venezuela.

Algunas de estas estaciones comenzaron a reportar datos desde el 12 de enero de 1.955 y otras desde mayo de 1.954, como por ejemplo: Ciudad Bolívar, otras estaciones como Maracay desde enero de 1.954, teniendo datos como los de Puerto Ayacucho y Morón que han comenzado a partir del 12 de enero de 1.959; esta vista general nos muestra la poca uniformidad en los datos recopilados.

Habiéndose comenzado en el año 1.954 las observaciones de radiación y teniendo en cuenta que para cualquier estudio climatológico es necesario un mayor lapso de observaciones, se puede determinar que estos son relativamente insuficientes, además de tener estaciones como Cagigal que han empezado a reportar desde enero de 1.961.

Este trabajo lo hemos comenzado introduciendo algunas ideas sobre las formas y factores que influyen en la llegada de la radiación emitida por el Sol a la Tierra. Esta radiación se encuentra obstaculizada por partículas suspendidas en la atmósfera y por las diferentes capas de gases componentes de la atmósfera.

Sobre la superficie terrestre ocurren fenómenos como el viento, la lluvia, la formación de las nubes que son ocasionados por el desequilibrio térmico que ocasiona la llegada de los rayos solares a la superficie terrestre.

El sol emite su energía en forma de ondas electromagnéticas y ondulatorias; en virtud de que la tierra no puede estar sometida a toda esa energía tenemos un mecanismo que permite un período de calentamiento y otro de enfriamiento, este mecanismo que permite un período de calentamiento y otro de enfriamiento, este mecanismo es el que permite la vida sobre la tierra, ocurriendo el calentamiento en el día y el enfriamiento en la noche debido a la rotación y traslación de la tierra, esto mismo permite que se cumpla el ciclo de las cuatro estaciones según se vé en el gráfico "4" figura "B" - Durante el día la tierra recibe energía radiante en onda corta y durante la noche la irradia en onda larga; en el gráfico "4" figura "B" se aprecia que la tierra no siempre se encuentra a la misma distancia del sol lo cual hace que la energía recibida varíe de acuerdo con las estaciones.

CONCEPTO DE RADIACION

Un haz de luz que llegue del sol a la tierra tiene ondas de diferentes longitudes, para estudiarla a grandes rasgos consideramos que el sol emite su energía en onda corta; los valores de longitudes de onda que nos interesan están comprendidas entre $0,17\mu$ hasta 120μ y en este intervalo hacemos las descomposiciones según el gráfico "5" figura "B", la onda corta la consideramos desde $0,17\mu$ hasta 4μ en este intervalo hacemos las descomposiciones según el gráfico "5" figura "B", la onda larga la consideramos desde $0,17\mu$ hasta 4μ y la onda larga desde $3,3\mu$ hasta 120μ ó más, dentro de ellas podemos establecer los siguientes intervalos: de $0,2\mu$ a $0,4\mu$ tenemos radiación ultravioleta, de $0,4\mu$ a $0,8\mu$ radiación visible, de $0,8\mu$ a 20μ tenemos el infrarrojo cercano, de 20μ a mayores longitudes de onda tenemos el infrarrojo lejano. Dentro de estas marcas de radiación -

tenemos que establecer que la radiación que esta a la derecha de $0,8 \mu$ y a la izquierda de $0,4 \mu$ resultan ser radiaciones no visibles para el ojo humano.

EXPECTRO DE ABSORCION

Antes de tratar esto en forma detallada, es necesario que establezcamos que la atmósfera está compuesta por diferentes gases, que en diversas proporciones actúan como filtros selectivos de los diferentes tipos de radiación. Se puede comparar esto con un gran tamiz donde las longitudes de onda estarían representadas por las partículas que se quieren seleccionar. Estos gases son:

<u>CONSTITUYEN</u>	<u>FRACCION</u>
Nitrogéno	78,09
Oxígeno	20,91
Argón	0,93
Diox. de Carbono	0,03
Neon	0,0018
Helio	0,000524
Kriptón	0,00001
Hidrógeno	0,00005
Xenón	0,000008
Ozono	0,000001
Radón	6×10^{-18}

Los principales gases para los efectos de absorción vendrían a ser el vapor de agua dióxido de carbono, y el ozono y el oxígeno.(Gráfico 1).

El oxígeno absorbe debilmente en las longitudes de onda que están por debajo de 1μ con una banda centrada a $0,6 \mu$ de donde se deduce que el ú -

nico efecto del oxígeno sobre la radiación está en onda corta y particularmente en la radiación visible, desplazándose su efecto hacia la radiación ultravioleta.

El ozono absorbe fuertemente en las longitudes de onda que están por debajo de 1μ ó sea la onda corta, especialmente la radiación cuya longitud de onda es menor de 1μ teniendo bandas a $0,2\mu$ que corresponde al extremo inferior del ultravioleta; otra banda fuerte centrada en $0,57\mu$ ó sea que esta absorbiendo la radiación visible (ondas) de menor longitud de onda. Luego a medida que la longitud de onda aumenta su efecto es decreciente hasta llegar al infra rojo cercano en el cual tiene una banda centrada alrededor de 7μ , después decrece para tener en la misma, radiación infra rojo cercano otra banda centrada a los 15μ y después decrece rápidamente hasta hacerse transparente a todas las longitudes de onda mayores de 20μ ; de estas consideraciones podemos decir que el calentamiento de la atmósfera se debe a la mayor o menor absorción de los gases que las componen.

El dióxido de carbono tiene la propiedad de absorber hacia las mayores longitudes de onda, teniendo una banda centrada a $4,3\mu$ que corresponde al extremo inferior del infra rojo cercano y luego tiene una absorción muy pequeña en todas las longitudes de onda intermedia hasta llegar a los 10μ en que tiene una regular absorción según se desprende de la banda centrada, luego decrece poco su poder absorbente para luego aumentar sus poderes de absorción en una banda centrada a los $14,7\mu$ que corresponde a una longitud de onda grande del infra rojo cercano, a partir de allí su efecto es nulo sobre las longitudes de onda más grande.

Es bueno aclarar que en el gráfico la escala tomada para el agua líquida y el vapor de agua son cualitativas.

El poder de absorción del vapor de agua tiene una oscilación desde -

el extremo superior de la radiación visible y en todo el infra-rojo cercano tiene bandas como son una a $0,37 \mu$, otra a $1,84 \mu$, una fuerte a $2,6 \mu$ y de allí crece fuertemente hasta centrar una banda de absorción a $6,26 \mu$, luego decrece rápidamente y a partir de longitudes de onda de 10μ comienza a ascender lo cual significa que la emisión de la tierra que se encuentra siempre en longitudes de onda muchos mayores que las longitudes de ondas emitidas por el sol serán fuertemente absorbidas por el vapor de agua.

El agua líquida tiene el mismo recorrido que el vapor de agua, solo que su poder de absorción es mayor y también su filtraje.

Las escalas tomadas en el gráfico para el vapor de agua y el agua líquida son cualitativas.

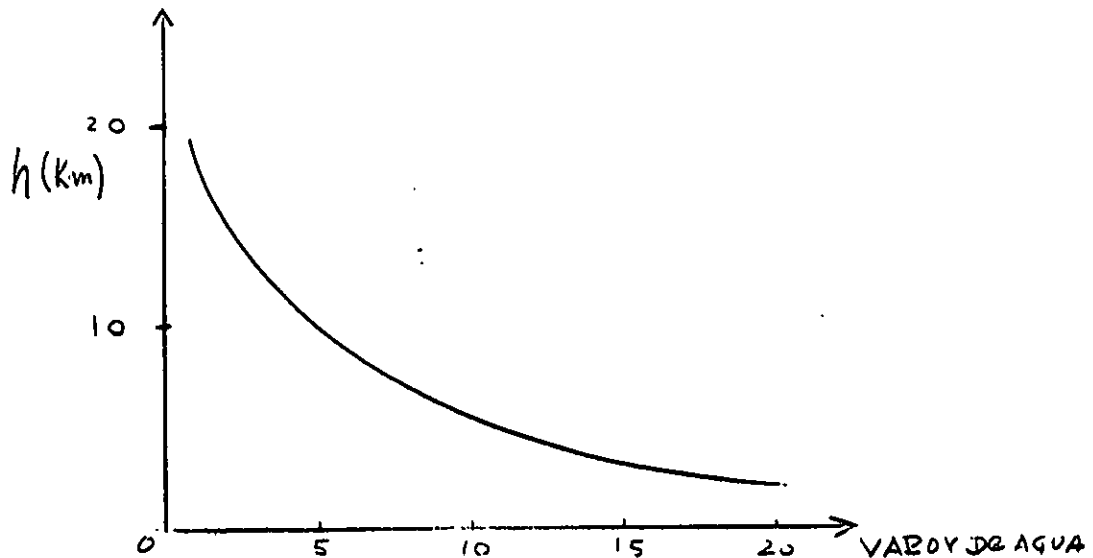
DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA EN LA ATMOSFERA BAJA.-

Se puede demostrar en un gráfico con un sondeo real; (ver gráfico N° 2); un decrecimiento irregular de la temperatura hasta aproximadamente los 100 milibares, en que hay un cambio brusco de gradientes que nos delata la presencia de la troposfera y donde se produjo el cambio podíamos definir la tropopausa quedando hacia abajo la troposfera.

En la parte más baja de la troposfera, de 500 milibares hacia abajo, encontramos las mayores variaciones del gradiente de temperatura, lo cual se debe a los fenómenos de turbulencia, variaciones del vapor de agua, etc, y de los 500 milibares hacia abajo el gradiente se hace bastante estable; debido a que el vapor de agua no tiene tanta variación y la turbulencia ya no afecta estas alturas.

Si regresamos al gráfico N° 1, encontramos el agua líquida contenida

da en las nubes y al dióxido de carbono depositado en la atmósfera, como los causantes de este decrecimiento de temperatura en la troposfera, porque estos gases siendo de un fuerte poder absorbente siempre están saturados en la parte baja de la atmósfera, decreciendo su saturación rápidamente en la altura.



De acuerdo con este gráfico la radiación emitida por la tierra es absorbida fuertemente por la parte más baja de la atmósfera y transformada en calor, si ascendemos hay menor cantidad de vapor de agua y por lo tanto menor calor transformado, trayendo como consecuencia que la parte más baja de la atmósfera sea caliente.

LEYES DE RADIACION

Radiación de cuerpo negro. Ley de Kiochoff.-

Todo cuerpo que recibe y emite una cierta radiación en la misma proporción se llama cuerpo negro. Llamemos en esta emisión y recepción una intensidad monocromática de emisión (E_{λ}) que es la energía radiante emitida a una longitud de onda λ por unidad de área en la unidad de tiempo. La fracción de absorción (a_{λ}) es la relación entre la radiación incidente que es absorbida por el cuerpo y la radiación total que incide sobre él. La expresión:

$$\frac{E_{\lambda}}{a_{\lambda}} = f(\lambda, \tau)$$

que significa que para todos los cuerpos la relación entre la intensidad de emisión y la fracción de absorción es función de λ y τ solamente, esta relación se llama emisividad (E). Si la absorción varía con longitud de onda λ también variará la emisión, un cuerpo bajo estas condiciones es un emisor selectivo.

Si la a_{λ} es constante para cierta longitud de onda λ pero menor que la unidad, la emisión será continua pero menor que el máximo posible; un objeto que goce de estas propiedades es llamado un cuerpo gris.

Cuando la relación $\frac{E_{\lambda}}{a_{\lambda}} = a_{\lambda} = 1$ la absorción es completa y $a_{\lambda} = 1$ en todas las longitudes de onda λ y la emisión será la máxima posible siendo E_{λ} función de λ y τ .

En el gráfico N/ 3 figura A, vemos que para una temperatura de 3000°K el máximo de emisión "donde está la campana" corresponde a una longitud de onda λ la curva descrita para una temperatura de 4000°K tiene su "campana" en una longitud de onda menor que la anterior y cuando observamos la línea de intensidad para un valor de 5000°K apreciamos la "campana" en una longitud de onda menor que las anteriores, de donde se deduce que los cuerpos con mayor temperatura tienen su máximo poder de emisión en longitudes de ondas muy pequeñas de; de aquí podemos encontrar la causa por la cual el sol emite una onda corta (temperatura muy elevada) y la tierra tiene su emisión en onda larga (temperatura menor que la del sol).

Estas curvas de la ley de Kirchhoff, durante muchos años presentaron inconvenientes para su continuación desde el punto de vista teórico hasta que Stefan y posteriormente Boltzman llegaron a la formulación de la radiación integral; ver gráfico 3 figura B; expresada como $E = \sigma \times T^4$ en que E significa el flujo total de energía expresado en calorías *cm² min* y σ es

una constante cuyo valor es $8,312 \times 10^{11} \text{ cal/cm}^2 \text{ min. grado}^4$

y $5,6751 \times 10^5 \text{ erg/cm}^2 \text{ seg. grado}^4$, también es igual a

LEY DE WIEN.-

Para fines del siglo XIX se observó que los cuerpos negros, el máximo de intensidad para cada longitud de onda, depende básicamente de la temperatura.

En 1893 Wien desarrolló una teoría la cual daba una expresión simplificada para estas longitudes de onda λ de máxima emisión . (λ_m), como una función de la temperatura y determinó la fórmula $\lambda_m = \frac{2897}{T}$ donde λ_m es medida en μ y la temperatura en $^{\circ}\text{K}$ a esta forma se le llama ley del desplazamiento de Wien. Si expresamos la fórmula de esta manera - $\lambda_m T = 2897$, a medida que aumenta T tenemos que ir disminuyendo para mantener el valor constante; de esta forma encontramos como la curva de la ley de Wien y Kiochoff se ajustan perfectamente para longitudes de ondas pequeñas pero se desvían para mayores longitudes de onda, como puede verse en el "gráfico 3 figura "A".

Más tarde en 1.900 es propuesta la ley de Rayleigh- Jeans, la cuál - quedó formulada así: $E_{\lambda} = \frac{2\pi \cdot C \cdot K \cdot T}{\lambda}$

C= Velocidad de la luz = $3 \times 10^{10} \text{ cm/seg}$.

K= Constante de Boltsman = $1,38 \times 10^{-16} \text{ erg grado}$.

Esta ley de R-J, también se ajusta a la curva experimental encontrada por Kiochoff para λ pequeñas, pero para las grandes longitudes de onda se aparta de la de Wien para las mismas temperaturas; estos inconvenientes presentados por los trabajos de Wien y R-J, fueron posteriormente

solucionados cuando apareció la teoría de los Quantum y Plank generaliza su expresión semi-empírica para la emisión en función de λ y T , demostrando a partir de la teoría de los Quantum. la fórmula:

$$E_{\lambda} = \frac{2 \pi \times c^2 \times h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda \cdot K \cdot T}}$$

- 1) - Ley de Stefan-Bolmann (Radiación integral)
- 2) - Ley de Wien ó del Desplazamiento del máximo.
- 3) - Fórmula de Rayleigh - Jeans
- 4) - Fórmula de Planck

LEYES DE RADIACION

$$E = \sigma \cdot T^4$$

$$\sigma = 5,6751 \times 10^{-5} \text{ ERG/cm}^2 \cdot \text{seg} \cdot \text{grado}^4$$

$$= 4,96 \times 9^{-9} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{hora} \cdot \text{grado}^4$$

$$\lambda_m \cdot T = c \cdot t \cdot e$$

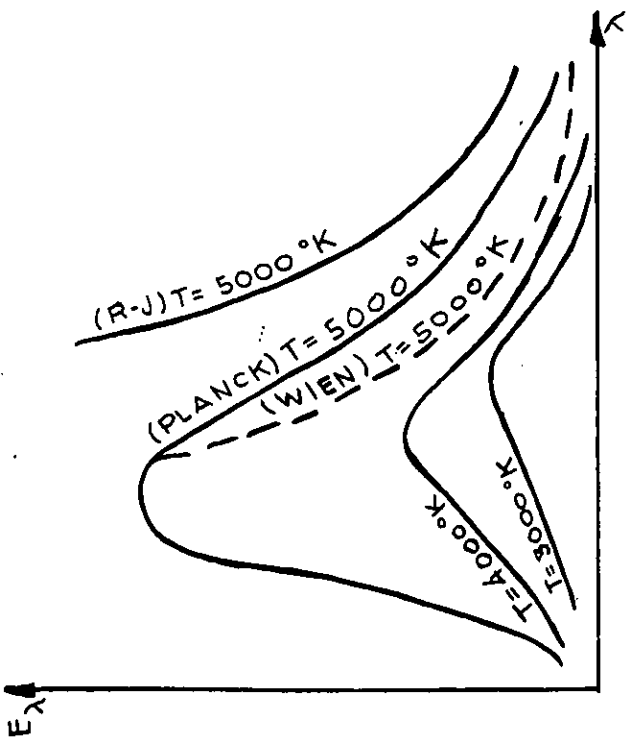
$$E_\lambda = \frac{2\pi \cdot c \cdot k \cdot T}{\lambda^4}$$

c = velocidad de la luz = 3×10^{10} cm/seg:

k = constante de Bolmann = $1,38 \times 10^{-16}$ erg/grado

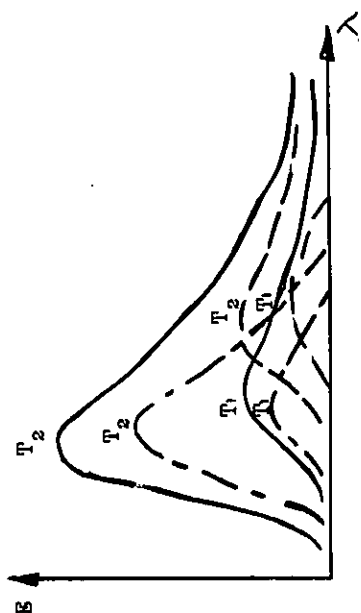
$$E_\lambda = \frac{2\pi \cdot c \cdot h}{\lambda^5} \cdot \frac{e^c}{\lambda \cdot K \cdot T_1}$$

h - constante de Planck = $6,62 \times 10^{-27}$ erg.seg



RADIACION SELECTIVA

Ley de Kirchhoff
$$\frac{E_\lambda}{E_m \lambda} = A_\lambda$$



- Radiación de cuerpo negro
- Radiación de un cuerpo con fuerte absorción en O.C.
- Radiación de un cuerpo con fuerte absorción en O.L.

MODIFICACION DE LA RADIACION POR LA ATMOSFERA

En la parte superior de la atmósfera se recibe el flujo de radiación con su máxima intensidad, pero si analizamos la intensidad de radiación en cada punto de la tierra por latitud y longitud encontramos que en el tope de la atmósfera tenemos $1000 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, el hemisferio sur cerca del Ecuador tenemos valores de 800, 600, 400 $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, y para la superficie de la tierra tenemos valores menores, significando esto que entre el tope de la atmósfera y, la superficie de la tierra hay una pérdida de radiación que debe ocurrir por ciertos fenómenos como son la absorción selectivas, la reflexivas y la difusión molecular.

Los gases de la atmósfera debido a su propiedad de absorber en diferentes longitudes de onda son causantes en parte del déficit de energía, entre el tope y la superficie de la tierra según el gráfico 1, ya estudiado se nota que los gases con mayor poder de absorción en onda corta serían el ozono y el oxígeno, donde el oxígeno absorbe fuertemente en onda corta teniendo banda centrada a $0,6 \mu$ lo cual corresponde a longitudes largas de onda de la radiación visible. El ozono absorbe fuertemente en cortas longitudes de onda. teniendo bandas centradas en $0,2 \mu$ que corresponde al extremo inferior del ultravioleta y otra banda centrada a $0,57 \mu$ que corresponde a radiación visible.

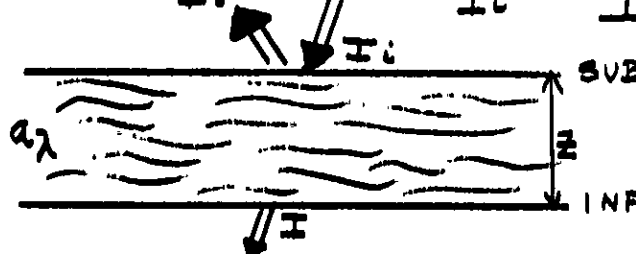
La difusión molecular ocurre debido a la refracción que sufren los rayos solares al chocar con las moléculas de los gases. La intensidad de radiación se encuentra debilitada al llegar a la tierra debido a que al verse forzada a cierto número de refracciones, el espacio recorrido se le hace mayor debilitándose la intensidad al llegar al suelo.

La reflexión de los rayos solares consiste en la desviación que sufren éstos hacia la atmósfera al chocar con las partículas suspendidas en la atmósfera, su diferencia con la difusión molecular es que los rayos solares no llegan al suelo.

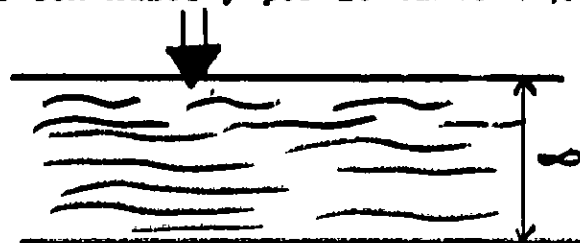
LEY DE BEER.- Definiremos primero algunas propiedades de los cuerpos - negros; si un haz de luz penetra por la parte superior de un cuerpo, el - haz llega a la parte superior de l cuerpo con una intensidad I_i , una - parte de ese rayo se refleja con una intensidad I_R , otra parte del rayo atraviesa el cuerpo y sale el rayo con una intensidad emergente I - que atraviesa el cuerpo; dentro del medio atravesado hay cierta absor - ción que llamaremos a_λ , siendo el espesor del cuerpo Z .

EL PODER DE REFLEXION: Viene definido por la siguiente relación - $R_\lambda = \frac{I_R}{I_i}$, dependiendo R_λ de la superficie del cuerpo o sea que entre más opaco la reflexión es menor y entre más brillante la reflexión es ma - yor, dependiendo también de la intensidad de la radiación incidente; al - salir el rayo por la parte inferior del cuerpo notamos que la intensidad de emergencia es constante y menor que las anteriores queriéndonos decir esto que, parte de la intensidad ha sido absorbido por el poder de absor - ción del cuerpo a_λ siendo:

$$a_\lambda = \frac{I_i - I_R - I}{I_i} = \frac{I_i}{I_i} - \frac{I_R}{I_i} - \frac{I}{I_i} = 1 - R_\lambda - \frac{I}{I_i}$$



Quando los rayos solares caen perpendicularmente sobre un cuerpo si omitimos las características de la superficie del cuerpo, vemos que los rayos reflejados son nulos y por lo tanto $R_\lambda = 0$ y $a_\lambda = 1 - \frac{I}{I_i}$



Si el espesor del cuerpo tiende a infinito se cumple que $I = 0$ y $a_\lambda = 1$

los cuerpos con estas características son llamados cuerpos negros. "ojo"

COEFICIENTES DE ABSORCION. El poder absorbente de un cuerpo aparte de ser función de su naturaleza también lo es de las condiciones superficiales y del camino recorrido por el rayo entre el instante en que incide y el que sale. El coeficiente de absorción depende de la naturaleza química y del estado de la sustancia.

Consideremos una superficie de espesor $d\ell$ donde esté incidiendo un rayo de intensidad I_λ , el poder absorbente del cuerpo disminuye la intensidad del rayo a través del cuerpo en $-dI$, sea ρ la densidad del cuerpo luego: $dI = -K_\lambda \cdot \rho \cdot d\ell$

siendo K_λ el coeficiente de absorción del medio que depende de la naturaleza química, del estado de la sustancia y de la intensidad del rayo incidente.

Podemos escribir: $\frac{dI}{I} = -K_\lambda \cdot \rho \cdot d\ell$

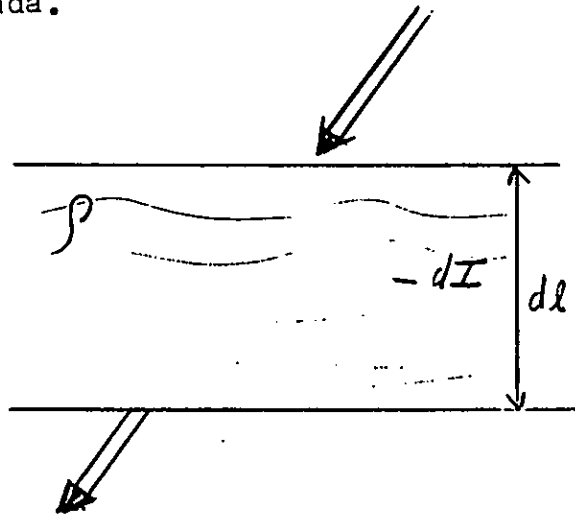
Si suponemos un cuerpo homogéneo de coeficiente de absorción constante tendremos.

$$L \frac{dI}{I} = -K_\lambda \cdot \rho \cdot \ell \quad ; \quad \frac{I}{I_0} = e^{-K_\lambda \cdot \rho \cdot \ell} \quad ; \quad I = I_0 \cdot e^{-K_\lambda \cdot \rho \cdot \ell}$$

pero $\rho \cdot d\ell = dm$ luego $I = I_0 \cdot e^{-K_\lambda \cdot m}$

El valor de "m" representa la masa total de sustancia absorbente que afecta el haz de luz; se concluye que la absorción no es afectada por el camino geométrico pero si por la cantidad total de materia absor -

bente atravesada.



LEY DE BOUGUER - SAM BEER. - Sea un rayo incidiendo por el punto "A" de un cuerpo cuyo espesor se conoce; el rayo se dirige al punto "B", en "B" consideremos la condensa vertical Z; el ángulo θ se puede determinar facilmente luego como $\angle BZA$ ES RECTO;

$$\cos \theta = \frac{\overline{CB}}{\overline{AB}}$$

$$\overline{AB} = \overline{CB} \cdot \sec \theta$$

Regresamos a la ecuación $I = I_0 \cdot e^{-k\lambda \cdot \rho \cdot l}$ y sabiendo que $\overline{AB} = dl$ y $\overline{CB} = dz$, tendremos suponiendo que la medida sea instantánea con el propósito de que θ no cambie por el movimiento del sol que

$$I = I_0 \cdot e^{-k\lambda \cdot \rho \cdot \sec \theta \cdot z}$$

Luego $m = \rho \cdot z \cdot \sec \theta$

Y $I = I_0 \cdot e^{-k\lambda \cdot m}$

m= aeromasa

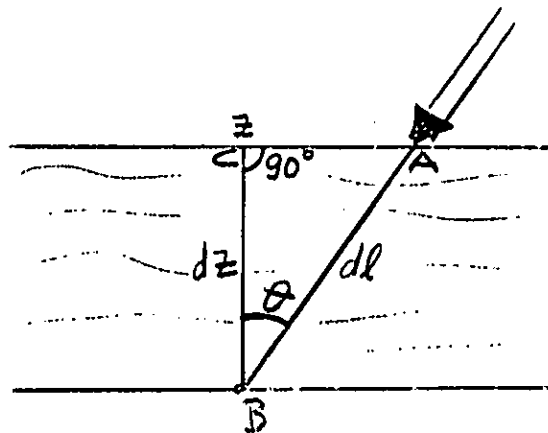
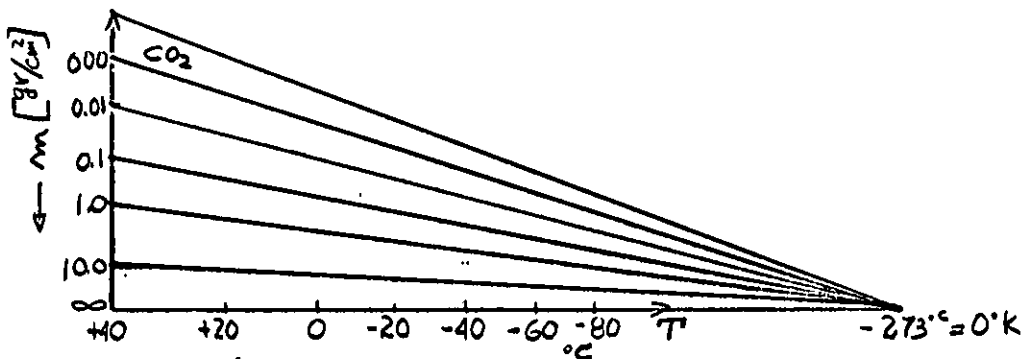


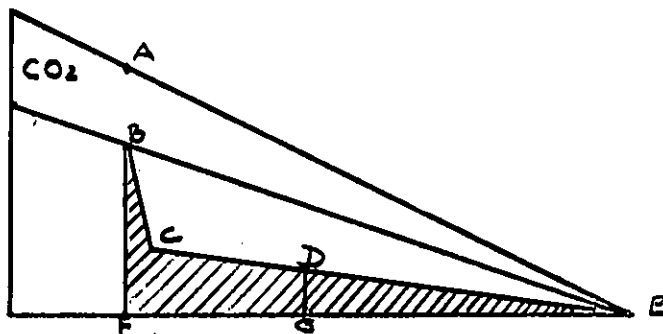
DIAGRAMA DE ELSASSER

La absorción de radiación por una capa de la atmósfera, no depende tanto de la temperatura, pero si fuertemente, del camino óptico y del coeficiente de absorción. Por otra parte, la emisión por la misma capa, depende tanto de la temperatura como del camino óptico, como del coeficiente de absorción, así que la transferencia neta de radiación a través de la capa para una longitud de onda, dada, es una función de T , dm ,

Si se integra para todas las longitudes de ondas para obtener el flujo neto total de radiación, tendremos como variables solamente a (T) y (dm) . Elsasser demostró que la integral podría ser reducida a una medida de áreas en un diagrama especialmente calculado, denominado diagrama de Elsasser.



El diagrama está construido de tal forma que si se considera una isoterma vertical extendiéndose desde la base (donde $m = \infty$) hasta la línea oblicua superior (labelled "block") el área triangular, a la derecha de la isoterma, es proporcional a la energía emitida por un cuerpo negro a la temperatura dada.



La equivalencia entre el flujo de energía en LANGLIES por cada 3 horas, y el área, está dado sobre el diagrama. El área puede ser medida por un planímetro o por otro medio. El extremo derecho del diagrama, es para tem-

peraturas menores que las presentes en el rango meteorológico. En la práctica, el diagrama está dado hasta (-80^{d})

Primer ejemplo: Flujo que llega a la superficie, procedente de arriba.

Para esto se usan los valores de (m) calculados para un nivel de referencia de 990 mb. Para el punto (B), el cual está en la superficie, no hay vapor por debajo. Así que se plotea un punto en la temperatura de superficie ($m=0$). Sucesivamente mayor altura en el sondeo, más y más vapor de agua es encontrado debajo, definiendo la curva (B C D). Encima de 282 mb. (punto D) como hay poco vapor de agua, (m) permanece prácticamente constante, por eso (D) está conectado con el vértice (E) por una línea prácticamente recta a lo largo de un valor constante de (m) . El área B C D E B entonces representa el flujo hacia el suelo procedente de la columna vertical de aire húmedo, pero no está incluido el flujo hacia abajo procedente del (CO_2) . Desde que el CO_2 absorbe prácticamente toda la banda en 15 μ , lo cual es solamente la única importante. Cada capa de la atmósfera absorbe completamente la radiación del (CO_2) procedente de arriba y remite hacia abajo a su propia temperatura. Así que la radiación en la banda de 15 μ , que llega a la superficie procede de una capa fina, inmediatamente por encima de la superficie, y el flujo del (CO_2) es una fracción conocida de la radiación del cuerpo negro en la superficie. Esta relación está representada en el diagrama por el área triangular A B E A. El total del flujo hacia abajo está dado por la suma del flujo del vapor de agua, y el flujo del CO_2 . Área A B C D E A.

Segundo ejemplo: Pérdida neta de radiación por la superficie (cielo claro).

Puesto que la superficie de la tierra irradia aproximadamente como un cuerpo negro en el infra-rojo, el porcentaje de radiación hacia arriba está dado por el área, A B F E A. Si ahora restamos el flujo hacia abajo, encontraremos que el flujo neto, hacia arriba, desde la superficie está dado por el área B F E D C B. Nótese que el área de la radiación del (CO_2) se cancela en la resta. La razón es que la capa de aire superficial irradia hacia el suelo, tanto como recibe, en aquellas partes del espectro donde el (CO_2) es completamente negro. Solamente el flujo del

vapor de agua modifica la radiación del suelo y desde aquí se determina el porcentaje de enfriamiento nocturno.

Tercer ejemplo: Pérdida neta de radiación desde la superficie con cielo cubierto.

Si suponemos un cielo cubierto con la base a un nivel correspondiente al punto D.

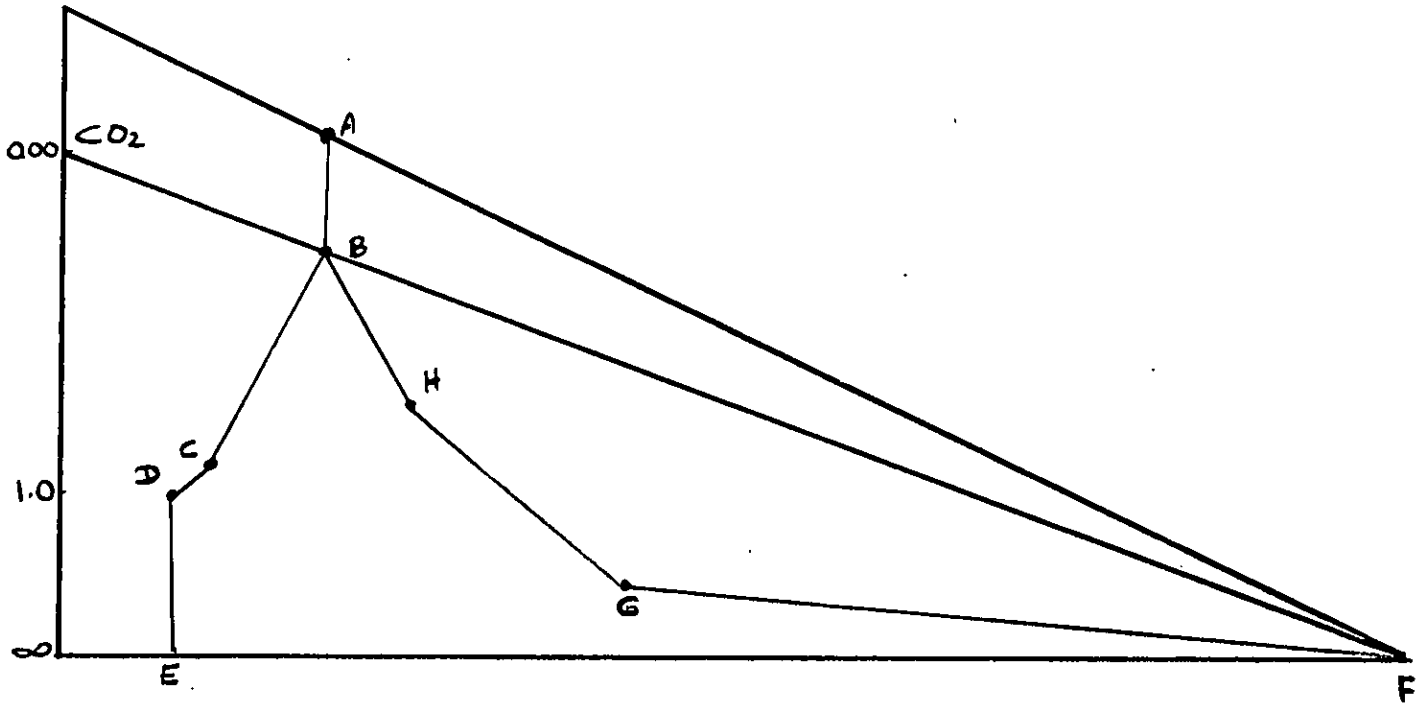
Si una capa de nubes tiene 50 m ó más de espesor, absorberá e irradiará en el infra-rojo, como un cuerpo negro; por lo tanto, el flujo hacia abajo que llega al suelo será debido al vapor de agua y al (CO_2) entre la superficie y la capa de nubes, representado por la curva A B C D, y la radiación adicional del cuerpo negro procedente de las nubes, no absorbida por el vapor y el CO_2 , debajo, será representado por la línea D G. El flujo neto hacia abajo, es entonces dado por el área A B C D G E A. Donde como antes, esta área es restada de la radiación hacia arriba desde la superficie, encontrando que la radiación neta perdida por el suelo, es el área B F G D C B. Esta última área es mucho más pequeña que la perdida por la superficie con cielo claro.

Cuarto ejemplo: Flujo neto en un nivel seleccionado, con cielo claro.

El flujo neto de radiación a un cierto nivel es la diferencia entre el flujo hacia abajo y el flujo hacia arriba en ese nivel. Hemos visto que el flujo hacia abajo puede ser determinado por una integración hacia arriba del vapor de agua desde el nivel de referencia. Convencionalmente, el flujo hacia arriba se obtiene desde una integración hacia abajo de (dm) desde el nivel de referencia.

(Datos de la Tabla 10.1)

(Datos de la Tabla 10.1)



La curva B C D es la integral hacia abajo (desde 720 a 990 mb.). El área D E F, es el equivalente de vapor de agua de la radiación del cuerpo negro, desde la superficie, si sumamos el flujo del CO_2 , entonces el flujo de radiación hacia arriba, a través del nivel de referencia, es dado por el área A B C D E F A. La integral hacia arriba de la curva del vapor de agua es dado B G F. Por lo tanto, el flujo hacia abajo de radiación incluyendo el flujo del (CO_2) es dado por la doble área A B G F A. La diferencia, representada por el área sencilla B C D E F G B, es el flujo neto hacia arriba a través del nivel de 720 mb.

BALANCE DE RADIACION.- TRANSPORTE DE ENERGIA

El transporte de radiación consiste en la observación y emisión de energía radiante del sol por las sucesivas capas de la atmósfera, siendo la absorción de onda corta muy pequeña la energía reflejada y la difundida por las moléculas de aire, de vapor de agua continúan en la atmósfera como radiación de onda corta y la de onda larga es absorbida casi exclusivamente por el vapor de agua.

EQUILIBRIO RADIOACTIVO.-

Se ha podido determinar con bastante aproximación el promedio de temperatura en el suelo y el promedio efectivo de insolación, por lo tanto no habrá dificultad en establecer un equilibrio radioactivo si tenemos la distribución de vapor de agua en la atmósfera. Emden hizo una serie de suposiciones mediante las cuales estructuró un modelo bastante satisfactorio.

En una primera suposición Emden estableció que sólo el vapor de agua tiene un poder absorbente significativo y que su densidad decrece exponencialmente con la altura; otra suposición de Emden establece que el espectro de absorción del vapor de agua tiene un coeficiente de absorción constante para la radiación solar y otros valores también constantes para la radiación terrestre.

Emden logró calcular el siguiente diagrama del equilibrio radioactivo.

Observando la curva punteada vemos que en el nivel más bajo el gradiente es bastante mayor que el gradiente adiabático seco y al levantarse por encima del nivel de fricción, aproximadamente a 1 km. el gradiente de temperatura decrece progresivamente hasta 8-9 km. en que se hace más ó menos isotérmica.

Las capas bajas de este modelo son mecánicamente inestable ya que una partícula en ellas asciende a medida que esto ocurre se va enfriando, de esta manera el calor va hacia arriba por convección y predominará sobre la transferencia radioactiva. Emden supone que este régimen se ajusta bien a la realidad.

Como se puede observar en el gráfico la curva que define el transporte convectivo se cruza aproximadamente a los 9 km. con la que define el transporte radioactivo, de esto se deduce que la tropósfera está influenciada por el transporte convectivo de energía; pero se calienta por transporte radioactivo, para las alturas mayores hay isoterma y es preponderante el transporte radioactivo.

CALCULO DE BANDAS.-

El Servicio de Meteorología divide las bandas en tres tipos llamados series "A", "B" y "C", estas series se diferencian según que el intervalo de tiempo sea 1 ó 2 horas y también según la escala usada.

La serie "A" tiene un intervalo de tiempo de 2 horas y la escala va tomada desde cero hasta $50 \text{ cal/cm}^2\text{min}$. La serie "B" tiene un intervalo de tiempo de 2 horas y la escala va de cero hasta $2 \text{ cal/cm}^2\text{min}$. La serie "C" tiene de intervalo de tiempo 1 hora y la escala está tomada desde cero hasta $2 \text{ cal/cm}^2\text{min}$.

B A N D A

Para evaluar una banda se va recorriendo la curva hasta encontrar un punto que nos determine áreas iguales a la derecha y a la izquierda, ese punto nos representa la radiación media para el intervalo de tiempo considerado; este procedimiento se sigue para todo el día. Luego de tener los valores para ese día los sumamos, esta suma se multiplica por dos factores, uno de ellos es el factor k cuyo valor es dado

por

$$k = \frac{120}{F} \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \times 120 \text{ min}}$$

F es un valor que viene en la hoja de calibración para $1 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ min}}$

y otro de ellos es el factor "C" que es debido a la declinación del sol, el producto resultante es la radiación media para ese día, luego:

$$\text{Radiación} = S \times K \times C$$

Este procedimiento dá la media ocurrida durante el día, para encontrar el total medio durante el mes, se toman los valores medios diarios de ese mes y se encuentra la media de ellos, este valor así encontrado, nos representa el valor medio durante el mes en $\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ min}$.

A continuación se presenta un cuadro con los diferentes valores que puede tomar "C", los cuales varían según el mes a que correspondan las bandas.

ACTINOGRAFOS SERIE A, C Y D

FACTOR C

CORRECCION POR ALTURA DEL SOL

	F ₁	F ₂	F ₃
MES =	0 - 20N	3 - 70N	8 - 120N
ENE	1.02	1.01	1.00
FEB	1.03	1.03	1.02
MAR	1.04	1.03	1.03
ABR	1.04	1.04	1.04
MAY	1.02	1.03	1.04
JUN	1.01	1.02	1.03
JUL	1.02	1.03	1.03
AGO	1.03	1.04	1.03
SEP	1.04	1.04	1.04
OCT	1.04	1.03	1.02
NOV	1.02	1.02	1.00
DIC	1.01	1.00	0.99

F₁ PARA SAN CARLOS DE RIO NEGRO

F₂ PARA ESMERALDA
PUERTO AYACUCHO
SANTA ELENA
KAMARAKURY

F₃ PARA LAS DEMAS ESTACIONES

	Radiacion de onda corta	Radiacion de onda larga	Transporte no radiante.	Balance
<u>Sol y espacio</u>	<p>-3 -100 -15 -30 - 8 - 1</p>	<p>-8 -50 +112 -146</p>		<p>-100 3-30-8- -1-8-50- = 100</p>
<u>Atmosfera</u>	<p>-15 -27</p>	<p>+112 -50 -96</p>	<p>-4 -23</p>	<p>15-112- 3-28--150</p> <p>-146-4- =150</p>
<u>Tierra</u>	<p>-27 -16</p>	<p>-96</p>	<p>-4 -23</p>	<p>27-16- -96-4- =143</p> <p>-120-23- = -143</p>

RED NACIONAL DE ESTACIONES

<u>ESTACION:</u>	<u>LAT.</u> <u>N</u>	<u>LONG.</u> <u>W</u>	<u>NUMERO</u> <u>INDICATIVO</u>	<u>REPORTA</u> <u>DATOS DESDE</u>
Coro	11º 25'	69º 41'	80407	12-4-55
La Orchila	11º 48'	66º 11'	415	12-4-58
Maracaibo	10º 39'	71º 36'	402	12-1-58
Barquisimeto	10º 04'	69º 19'	408	12-1-57
Pto. Cabello, B.N.	10º 30'	68º 00'	460	12-1-59
Maracay-B.N. Sucre	10º 15'	67º 39'	401	12-1-54
Maiquetía	10º 36'	66º 59'	403	12-1-56
Caracas-La Carlota	10º 30'	66º 53'	400	5-5-56
Barcelona	10º 07'	64º 41'	414	12-1-55
Güiria	10º 35'	62º 18'	412	12-4-55
Maturín	09º 45'	63º 11'	404	12-1-55
Mérida	08º 36'	71º 11'	406	12-4-55
Ciudad Bolívar	08º 09'	63º 33'	405	12-5-54
San Antonio	07º 51'	72º 27'	410	12-1-57
San Fernando	07º 54'	67º 25'	409	12-1-56
Tumeremo	07º 18'	61º 27'	413	12-4-55
Pto. Ayacucho	05º 41'	67º 38'	416	12-1-59
Santa Elena	04º 36'	61º 07'	411	12-1-57

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS DE RADIACION
SOLAR EN CAL/CM² MIN.

MESES	BARCELONA			BARQUISIMETO			CIUDAD BOLIVAR		
	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	586	204	467	854	231	510	609	113,1	445
FEBRERO	642	270	509	786	143	518	605	25,4	475
MARZO	671	247	548	900	272	545	682	27,5	517
ABRIL	719	249	543	764	98	513	689	20,6	522
MAYO	665	108	507	863	81	491	660	18,5	459
JUNIO	649	210	478	781	170	522	683	11,4	431
JULIO	684	174	502	769	193	553	630	20,7	461
AGOSTO	679	219	507	890	158	549	666	16,7	486
SEPTIEMBRE	675	279	516	773	234	534	640	19,6	487
OCTUBRE	619	228	487	761	203	485	680	18,6	460
NOVIEMBRE	581	229	453	790	194	456	639	12,0	455
DICIEMBRE	552	212	438	737	205	481	733	19,0	441

MESES	CARACAS J.B.			CORO			GUIRIA		
	MAX.	MIN.	MEDIA.	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	551	176	454	585	251	478	489	170	391
FEBRERO	638	287	517	630	284	543	561	146	430
MARZO	639	335	537	669	415	590	592	212	484
ABRIL	676	141	500	796	248	580	633	129	501
MAYO	626	84	422	683	238	546	639	122	492
JUNIO	602	141	428	713	217	543	626	114	450
JULIO	623	206	477	716	323	568	632	158	475
AGOSTO	648	254	490	698	144	581	630	150	476
SEPTIEMBRE	628	226	480	734	312	575	608	80	469
OCTUBRE	582	204	438	639	187	491	549	134	413
NOVIEMBRE	579	207	419	596	199	467	545	20	385
DICIEMBRE	534	165	407	544	135	453	476	63	368

MESES	LA ORCHILLA			MAIQUETIA			MARACAY		
	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	669	316	508	589	48	440	706	192	483
FEBRERO	660	361	566	611	308	510	740	276	531
MARZO	773	461	607	668	164	517	786	287	570
ABRIL	777	450	634	680	174	491	787	107	552
MAYO	782	119	578	695	50	470	712	124	484
JUNIO	591	435	524	732	196	521	768	114	492
JULIO	648	205	547	692	228	534	742	143	517
AGOSTO	682	421	574	669	296	526	713	138	511
SEPTIEMBRE	668	320	582	663	96	504	728	186	520
OCTUBRE	609	358	533	622	118	453	636	154	467
NOVIEMBRE	565	227	461	633	122	427	713	104	465
DICIEMBRE	684	251	453	596	73	397	579	148	448

MESES	MARACAIBO			MATURIN			MERIDA		
	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	718	189	495	559	118	371	639	166	509
FEBRERO	752	257	537	599	207	405	651	207	537
MARZO	772	260	526	614	156	423	685	184	562
ABRIL	792	200	539	592	104	405	729	224	565
MAYO	813	104	500	592	94	388	680	205	501
JUNIO	798	219	501	625	114	350	769	151	487
JULIO	786	286	544	637	60	356	750	178	521
AGOSTO	851	211	563	680	140	387	731	264	544
SEPTIEMBRE	811	363	615	554	92	391	761	182	542
OCTUBRE	763	203	531	596	133	379	700	264	492
NOVIEMBRE	737	266	524	566	104	366	618	58	492
DICIEMBRE	682	333	533	558	87	355	724	155	492

MESES	MORON			PTO. AYACUCHO			SAN ANTONIO		
	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	676	417	558	500	269	449	579	175	448
FEBRERO	668	133	596	547	193	445	604	94	454
MARZO	739	363	632	562	85	459	671	44	413
ABRIL	715	106	573	543	203	442	593	100	358
MAYO	725	214	554	510	129	357	740	207	426
JUNIO	735	207	590	541	97	346	640	173	413
JULIO	776	426	665	491	134	359	737	113	407
AGOSTO	819	328	635	557	127	401	639	172	440
SEPTIEMBRE	760	499	655	555	117	392	640	183	460
OCTUBRE	687	429	596	564	234	426	619	195	437
NOVIEMBRE	666	249	556	501	130	411	586	179	419
DICIEMBRE	621	61	486	493	191	403	567	92	407

MESES	SAN FERNANDO				SANTA ELENA				TUMEBEMO			
	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA	MAX.	MIN.	MEDIA
ENERO	587	228	426	691	254	448	567	176	360			
FEBRERO	577	269	454	717	214	479	648	197	391			
MARZO	646	259	486	747	247	509	645	159	422			
ABRIL	594	28	420	801	204	512	622	256	432			
MAYO	619	48	366	690	163	427	657	101	405			
JUNIO	586	49	359	612	141	416	615	121	396			
JULIO	617	37	381	646	150	442	631	144	442			
AGOSTO	668	46	366	662	243	465	657	174	490			
SEPTIEMBRE	644	38	391	728	94	502	688	222	499			
OCTUBRE	570	48	399	736	120	479	639	138	447			
NOVIEMBRE	546	32	410	717	111	456	566	161	400			
DICIEMBRE	639	223	400	766	204	415	540	164	365			

C O N C L U S I O N E S.

Características de la radiación en enero.--

En la parte occidental del país se observa un centro de 500 cal/cm². min. a lo largo de la cordillera de Los Andes y otro núcleo de 500 cal/cm² min. que cubre el golfo de Maracaibo; hacia la parte Sur del país ocupando toda la Guayana y el Territorio Federal Amazonas tenemos otro centro fuerte de 450 cal/cm² min. En el oriente la radiación decrece hacia 350 cal/cm² min. en la costa Este de Sucre y el Territorio Delta Amacuro.

Los llanos centrales y occidentales tienen una radiación de 400 cal/cm² min.; como se puede ver en el mapa hay una línea de baja radiación que atraviesa los llanos centrales de Este a Oeste.

En esta época del año el Sol está afectando el hemisferio Sur perpendicularmente, en consecuencia es la época en que el Sol está más alejado de Venezuela y los valores máximos de radiación deberían presentarse hacia el Sur, o sea la zona que cubre el máximo secundario de 450 cal/cm² min., pero no ocurre así porque la Guayana está afectada por tipos de convergencias locales que provocan cierta nubosidad y hacen disminuir la intensidad de radiación, mientras que sobre la cordillera de Los Andes debido a su altura la nubosidad siempre es menor, por lo tanto aparece la máxima principal en esa región.

En cuanto al núcleo del golfo de Maracaibo éste puede ser ocasionado por aire subsidente que destruye la nubosidad y aumenta la radiación.

Los valores bajos de la costa oriental se deben a que los alisios al Sureste al penetrar por dicha zona van cargados de humedad produciendo en el continente cierta nubosidad que hace disminuir la radiación.

Los bajos valores de los llanos centrales y occidentales se deben a la baja nubosidad que producen las convergencias locales que se mantienen más o menos activas durante el año.

Características de la radiación en abril.-

En este mes los rayos solares están incidiendo perpendicularmente al territorio, de nuevo tenemos un núcleo de máxima al Norte de Venezuela, otro de máxima de $550 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.}$ y sobre la cordillera de Los Andes y parte del Zulia. Tenemos también una máxima secundaria de $500 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.}$ en la Guayana, mientras que las mínimas tienen la misma configuración de enero.

La máxima del Norte está ocasionada por el deslizamiento de la alta presión en la altura hacia el Norte, con cuya subsidencia tenemos el mejoramiento del tiempo hacia el hemisferio Norte; hacia el Sur la convergencia inter-tropical viene penetrando poco a poco y puede estar afectando con elevada nubosidad la región Sur del Territorio Amazonas, por la cual se aprecia una disminución de radiación en dicha región, mientras que dicha convergencia por Santa Elena permanece poco, aún bloqueada quizás por que la alta presión está normalmente al Sur de Puerto Ayacucho y alrededor de la Esmeralda y San Carlos de Río Negro se haya rodado hacia el Este por cuya razón la convergencia inter-tropical que queda al Sur de la alta presión no puede subir por estar la zona de alta bloqueada; por lo tanto se aprecia en Santa Elena un aumento de la radiación.

La característica de fuerte radiación en el Centro y Norte del país son un indicio evidente de la sequía; se puede ver que ya la época de lluvia está entrando por el Sur acosado por la disminución de la radiación en el Sur del Amazonas.

Características de la radiación en julio.-

En julio el Sol está ocupando su posición más elevada en el hemisferio Norte, la convergencia inter-tropical tiene mayor actividad sobre Venezuela, por lo tanto podemos encontrar precipitaciones de tipo convectivo ocasionado por el fuerte calentamiento del suelo y podemos encontrar precipitaciones ocasionadas por el efecto de la convergencia inter-tropical igual que por el efecto de la convergencia local.

En julio hacia la parte Noroccidental tenemos una área fuerte de 600 cal/cm² min., hacia el Sur va disminuyendo mientras que por los llanos ha permanecido más o menos constante delatando la presencia de una convergencia de tipo local.

En este mes la actividad de las masas polares es débil y no hay posibilidad de que lleguen a las costas, desapareciendo las perturbaciones meteorológicas ocasionadas por dichas masas produciendo elevada radiación sobre Coro y Puerto Cabello.

Características anuales de la radiación.-

Observando el mapa anual se concluye que las zonas de mayor radiación son las colocadas en los extremos de una línea Noroeste-Sureste, mientras que las de menor radiación se encuentran sobre una línea Noreste-Suroeste ocasionado por efectos orográficos y por los diferentes factores que introducen lluvia y sequía en Venezuela.

Análisis por estaciones.-

Barcelona recibe un máximo valor en abril de aproximadamente 700 cal/cm² min., mientras que Coro también tiene la máxima en abril pero con aproximadamente 800 cal/cm² min.; Maiquetía está un poco DESFASADA de máxima absoluta recibéndolo en junio. Maracaibo se aleja aún más y los reci-

be en agosto, la razón de este DESFASAJE a lo largo de la costa desde oriente a occidente se debe a la variación sinóptica durante el año.

El máximo absoluto de Güiria es muy bajo y se explica por la influencia marítima igual que en la Orchila, donde la diferencia entre máxima y mínima no es tan fuerte como en estaciones del interior como Barquisimeto y Ciudad Bolívar. Las estaciones de los llanos tienen poca variación de radiación en el año, también la de Puerto Ayacucho.

San Fernando de Apure tiene poca variación de enero a marzo, pero a medida que pasa el tiempo la diferencia entre máxima y mínima va aumentando; en agosto se presenta el máximo, esto debido al tipo de precipitación y ocurre en la región produciéndose un fuerte calentamiento para luego desencadenarse el chaparrón.

B I B L I O G R A F I A

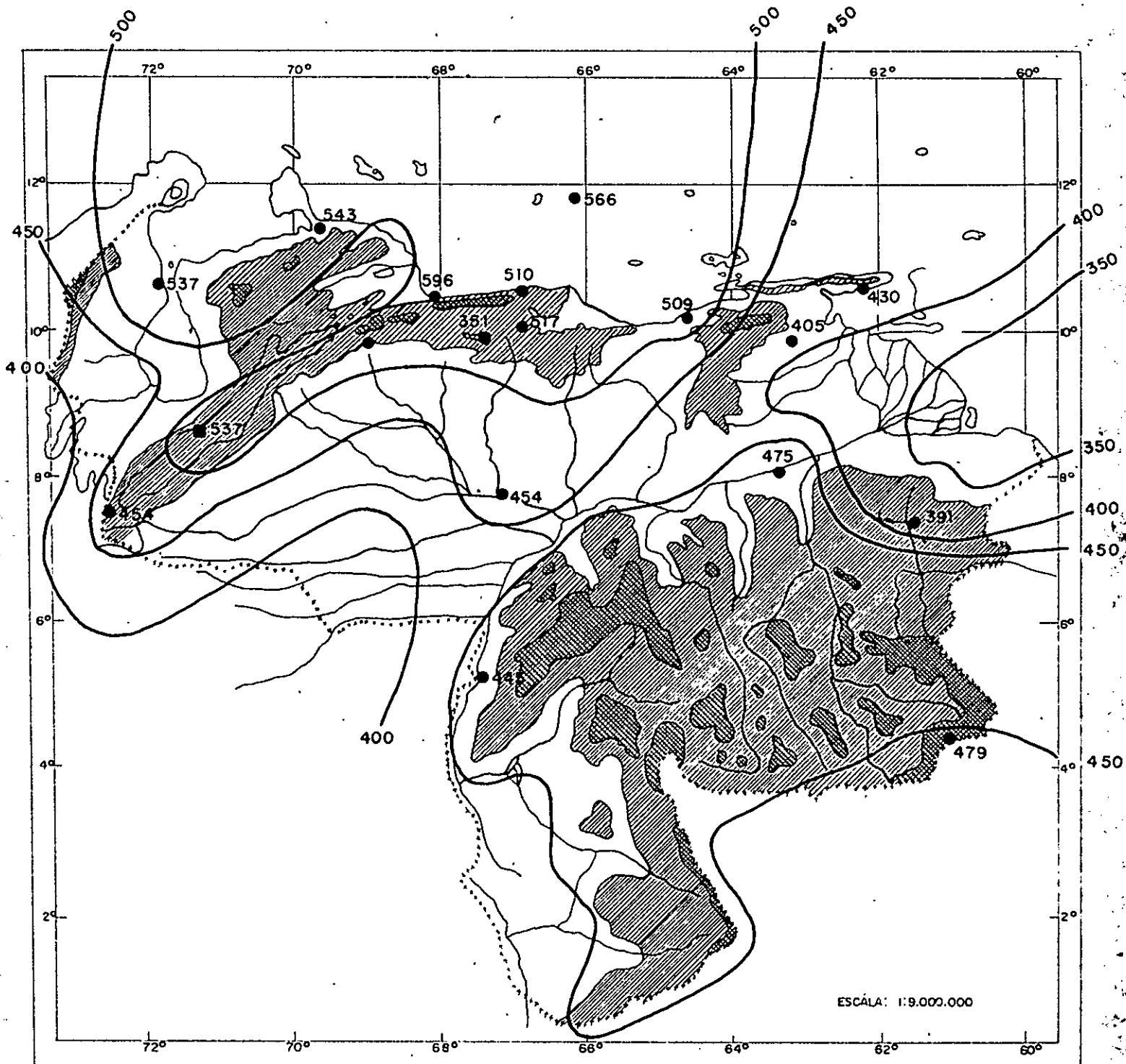
1º.-	Curso de Termodinámia de la Atmósfera.	Julio V. Iribarne
2º.-	Apuntes de Meteorología	Fuerzas Aéreas Venezolanas
3º.-	Compendio de Meteorología	S. Fritz.
4º.-	Meteorología	José Lorente

I N D I C E

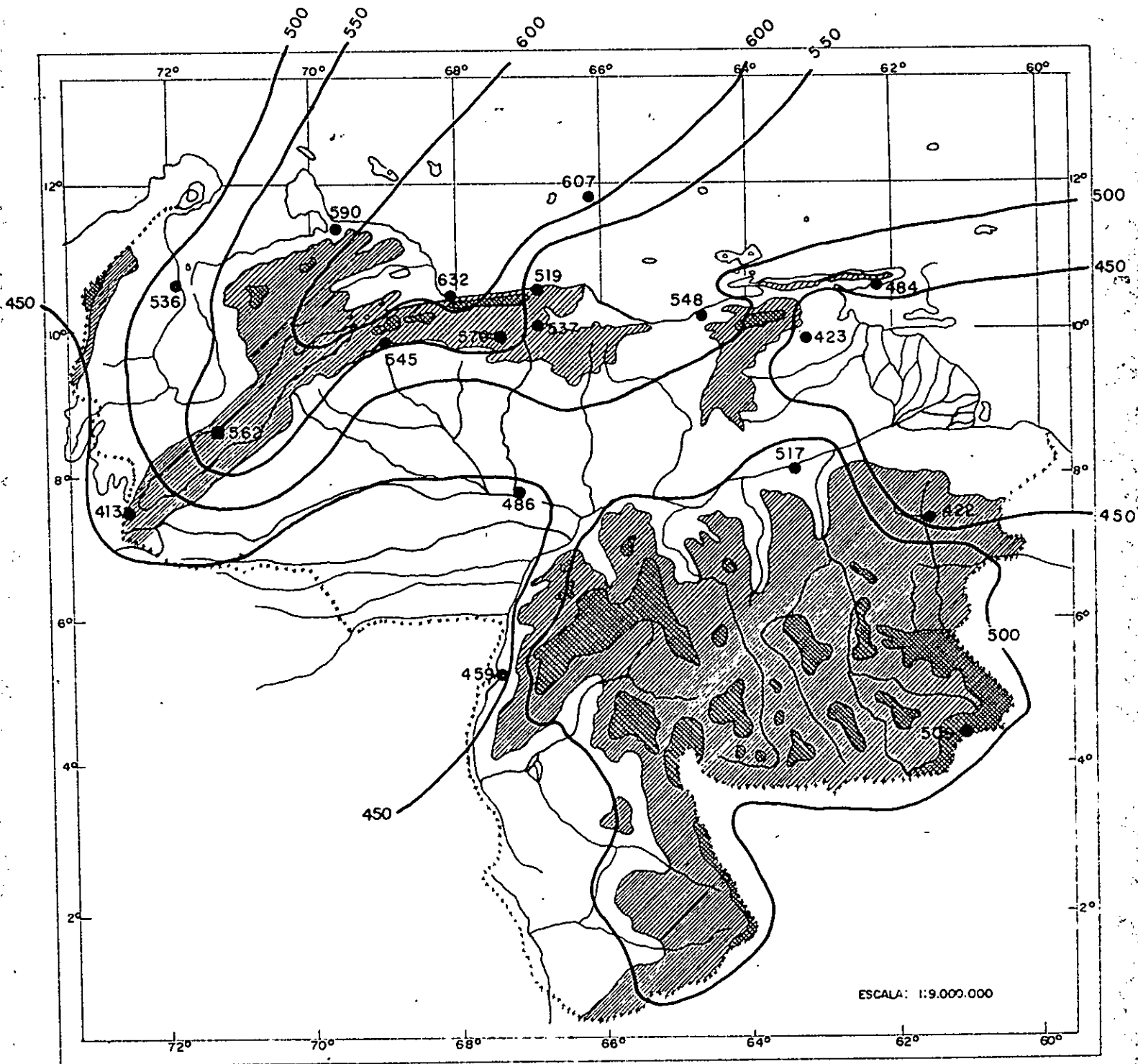
Introducción	Pág.	Nº	5
Concepto de radiación	"	"	6
Espectros de absorción	"	"	7
Distribución de la temperatura en la atmósfera baja	"	"	9
Leyes de radiación	"	"	10
Modificación de la radiación por la atmósfera	"	"	15
Poder de reflexión	"	"	17
Coefficientes de absorción	"	"	18
Ley de Bourger y Sam Beer	"	"	19
Diagrama de Elsasser	"	"	20
Balance de radiación. Transporte de energía. Equilibrio radioactivo	"	"	24
Cálculo de bandas y bandas	"	"	25
Red nacional de estaciones	"	"	28
Tablas de valores	"	"	29
Conclusiones	"	"	35
Bibliografía	"	"	39
Mapas y gráficos	"	"	40



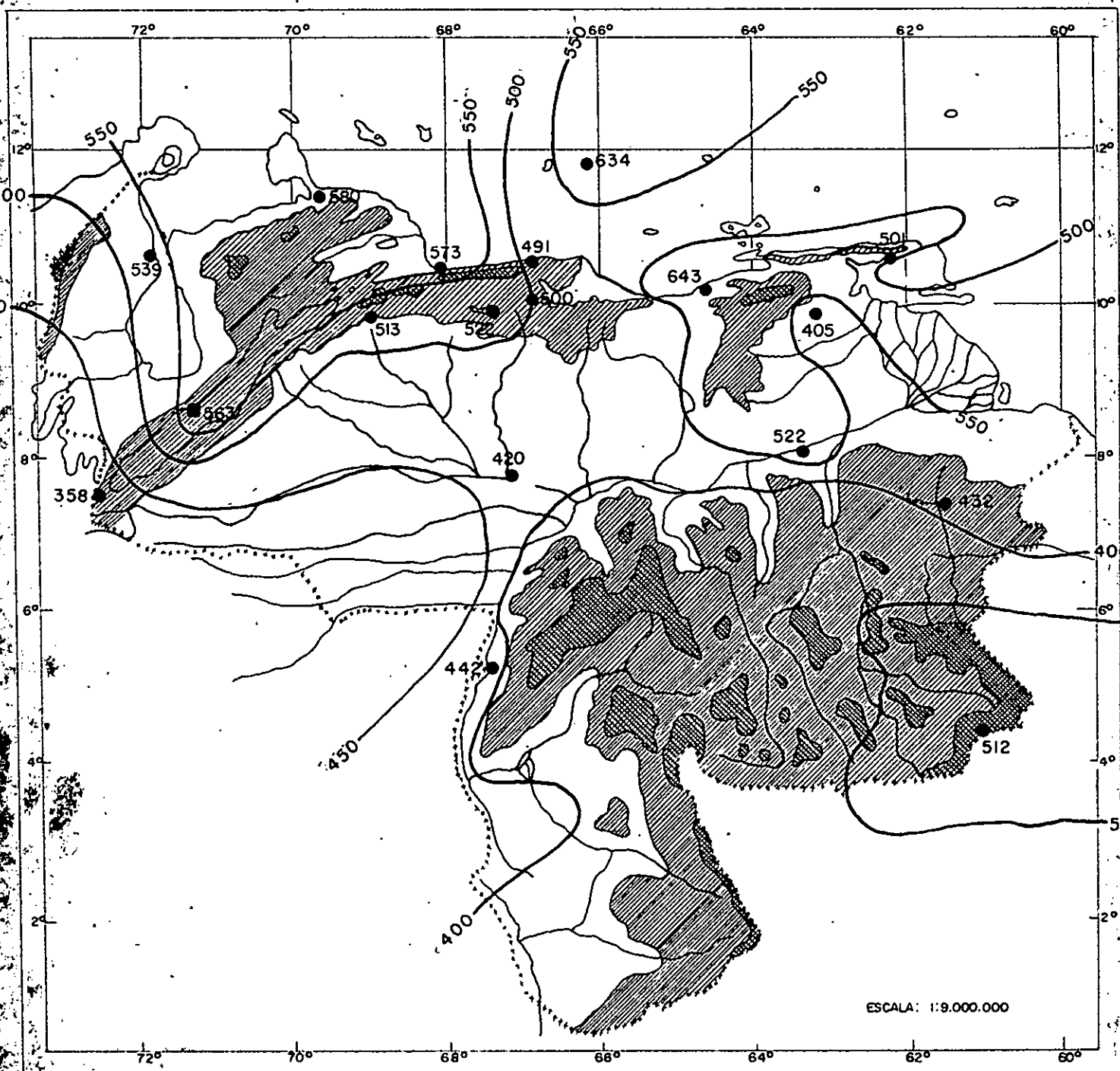
ENERO



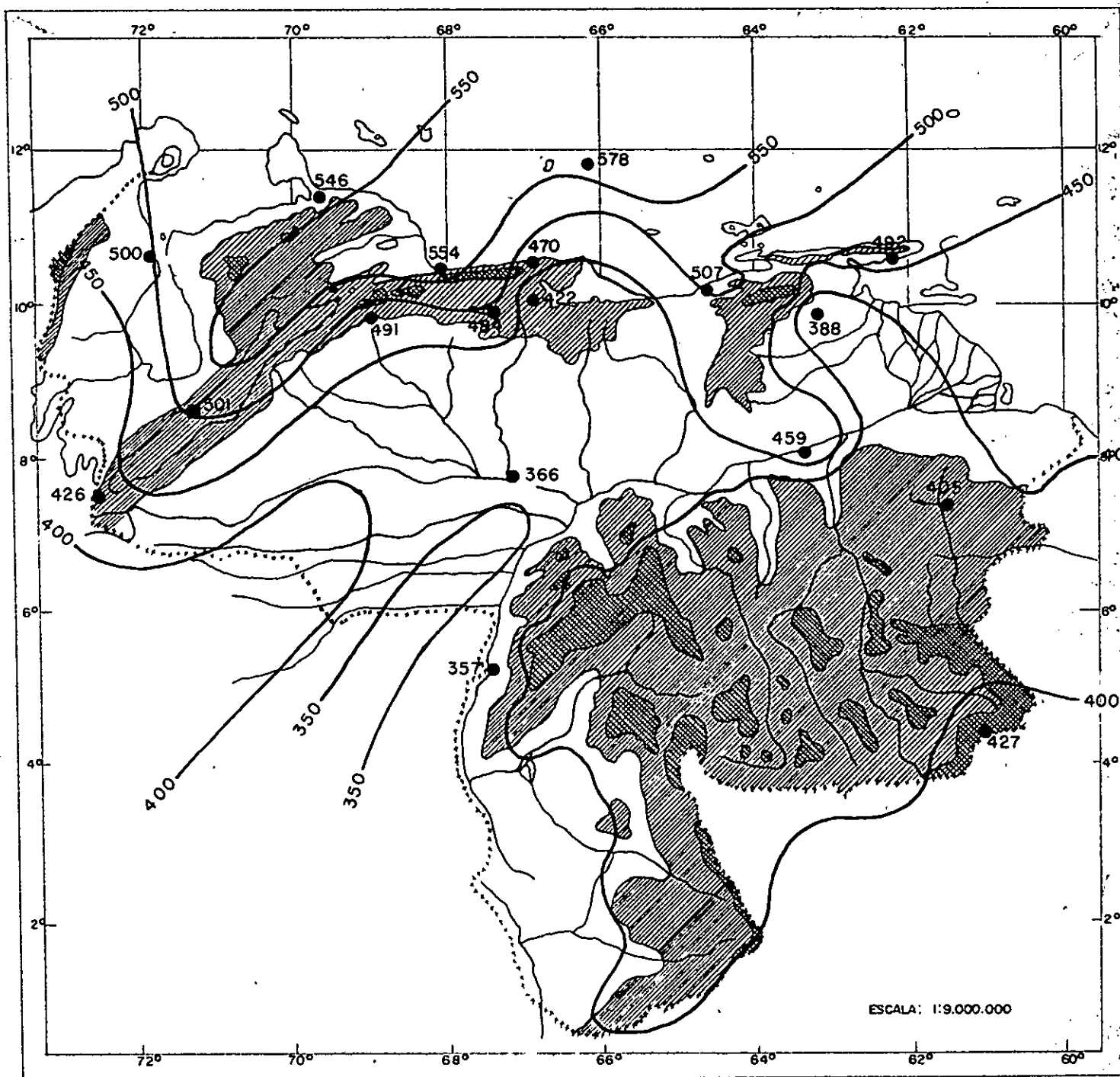
FEBRERO



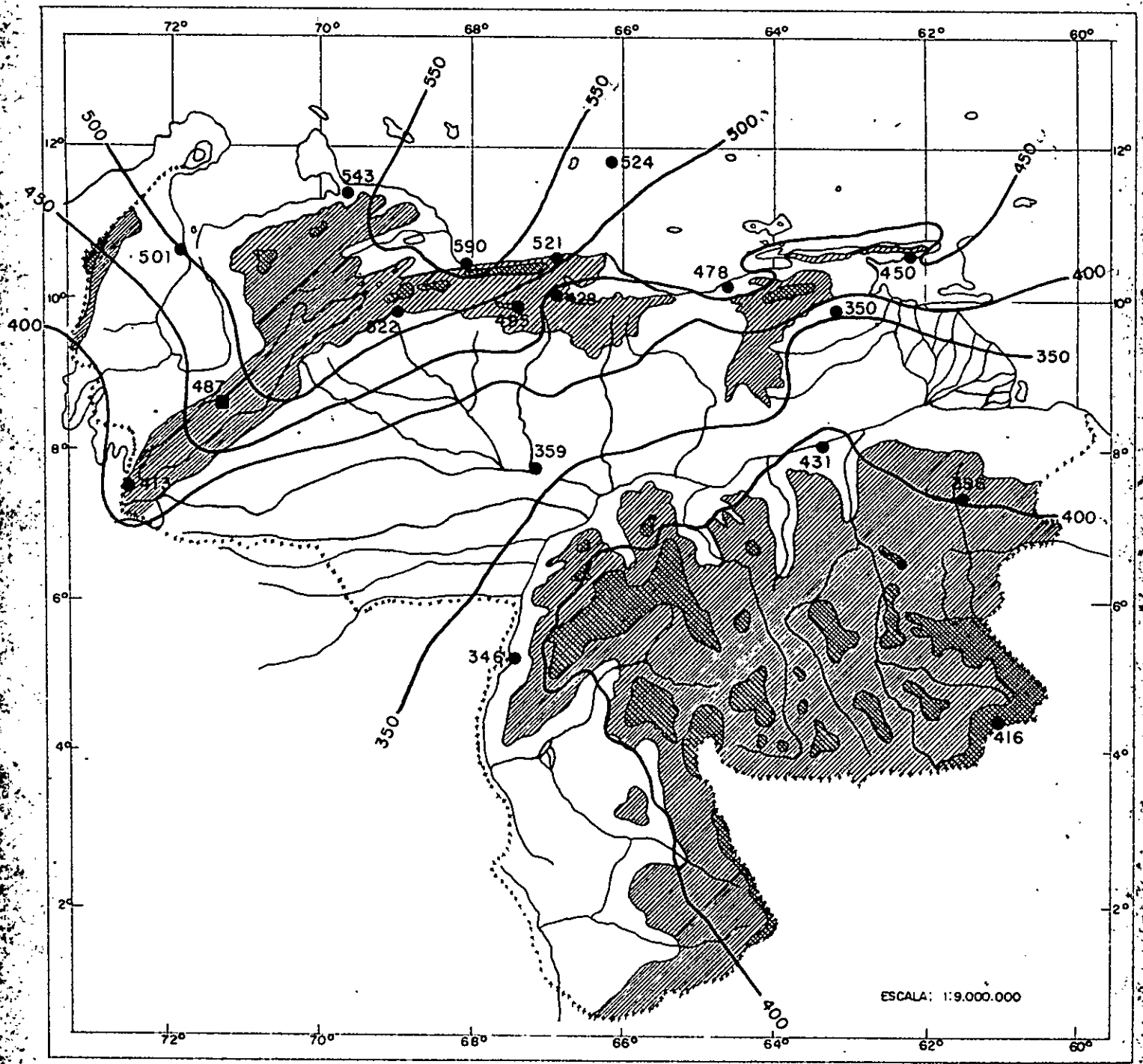
MARZO



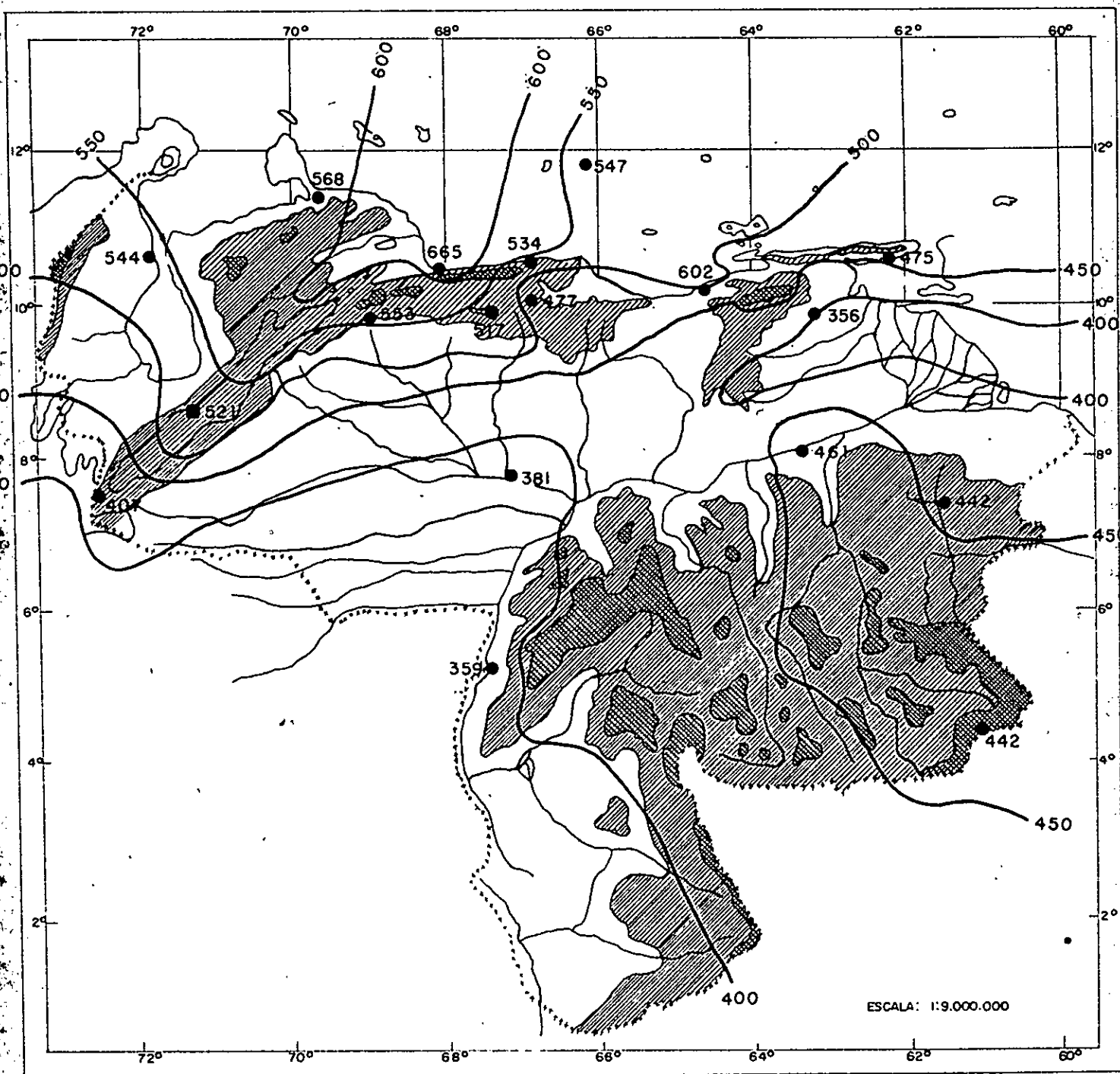
ABRIL



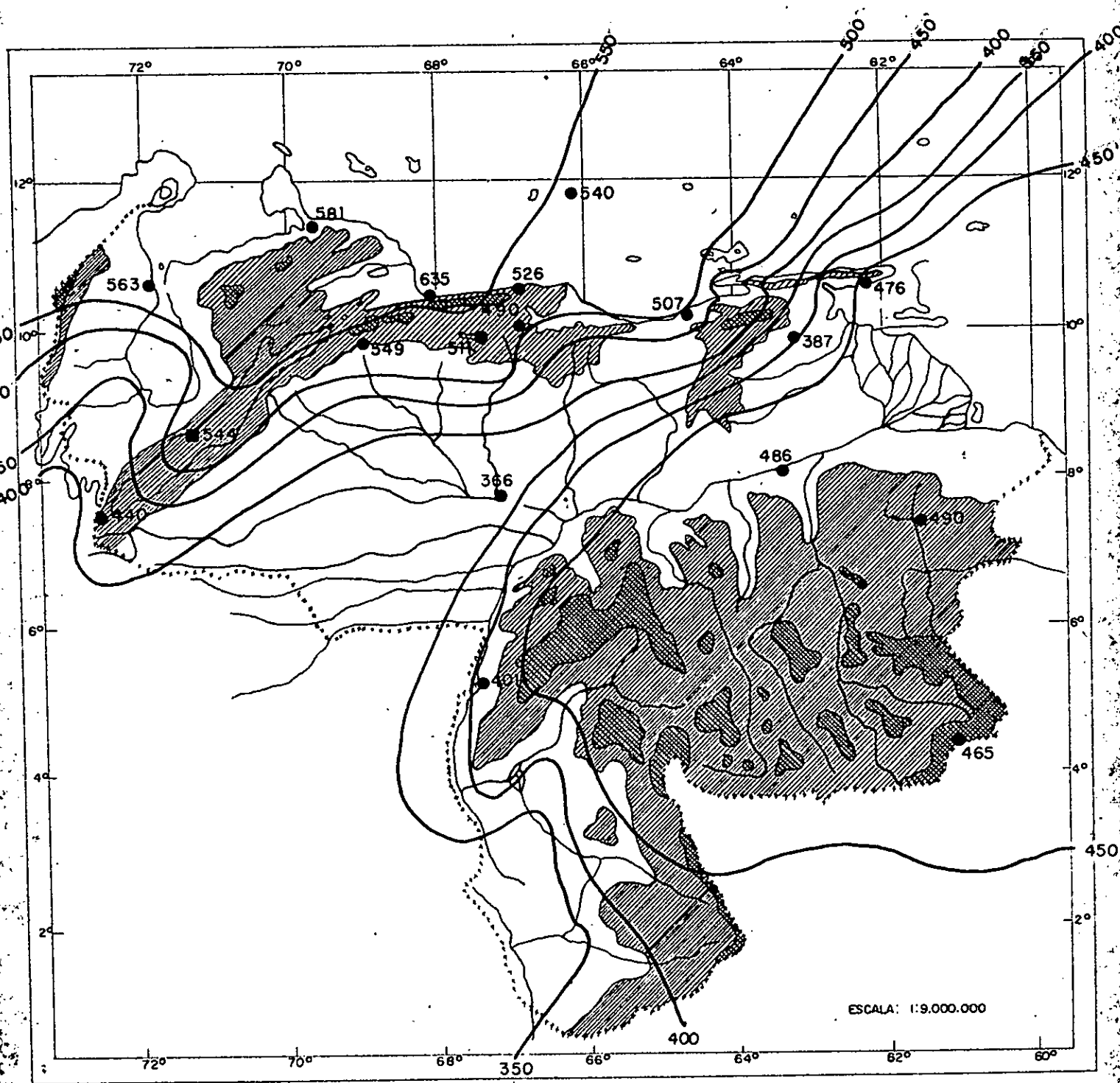
MAYO



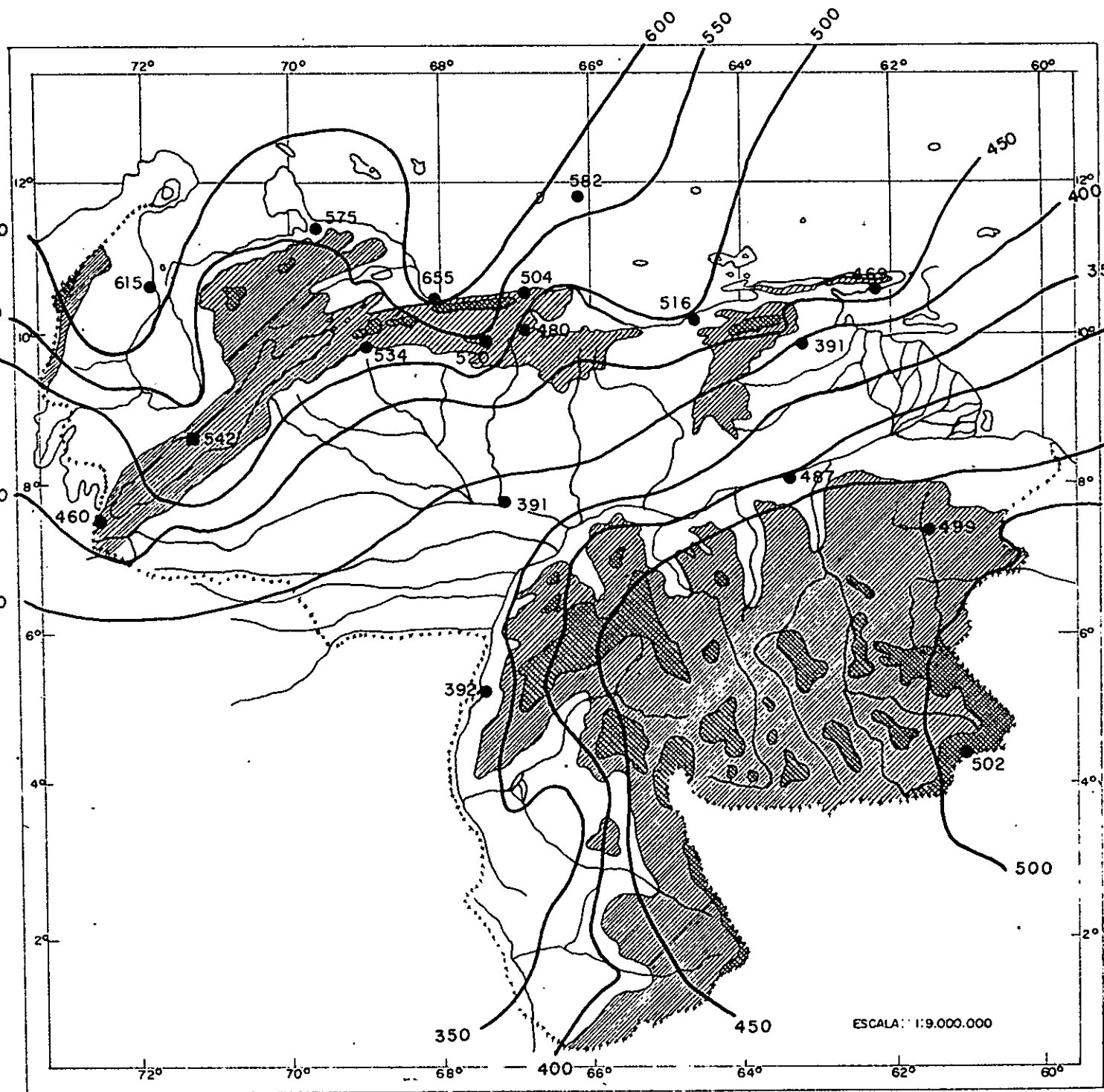
JUNIO



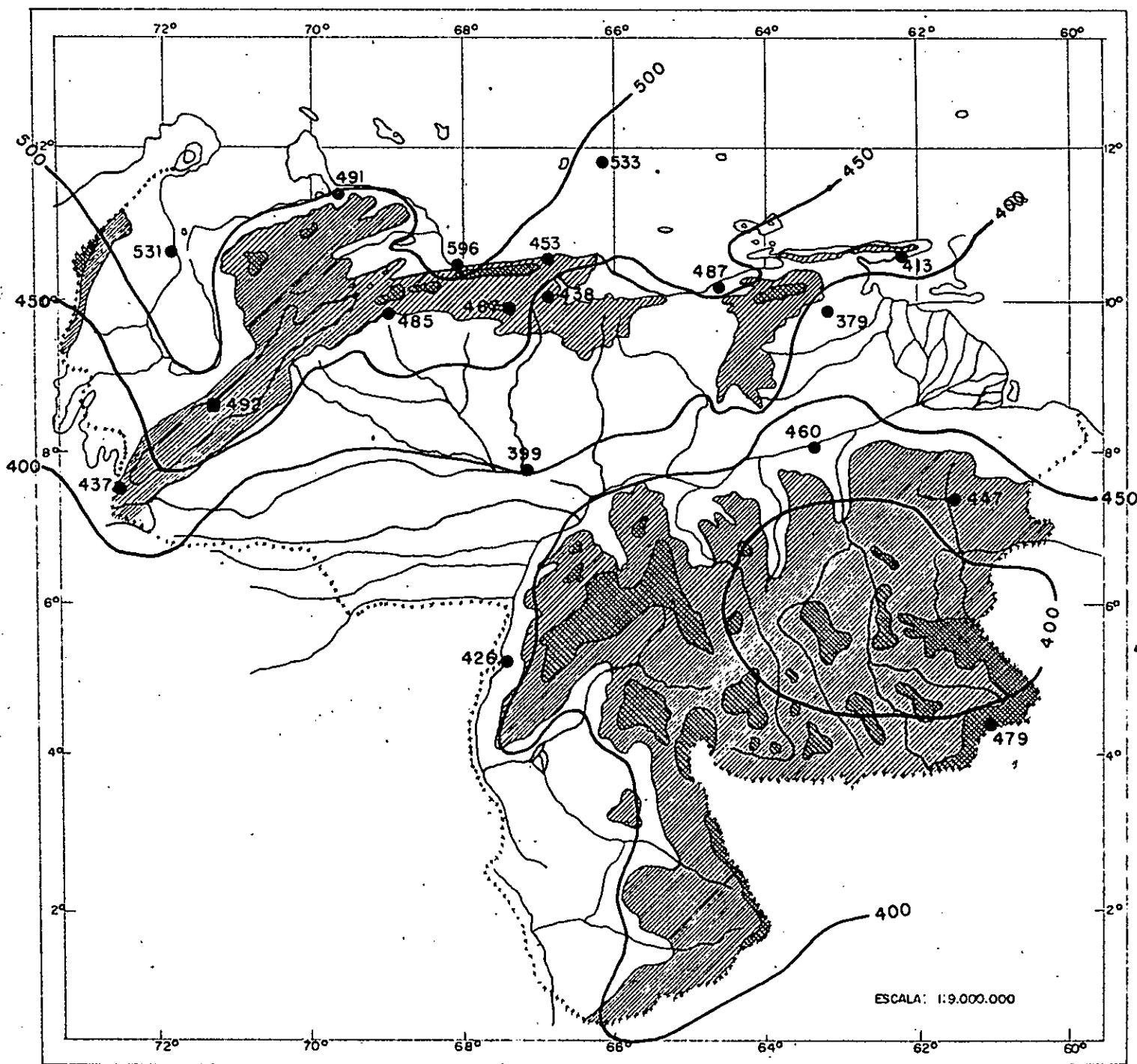
JULIO



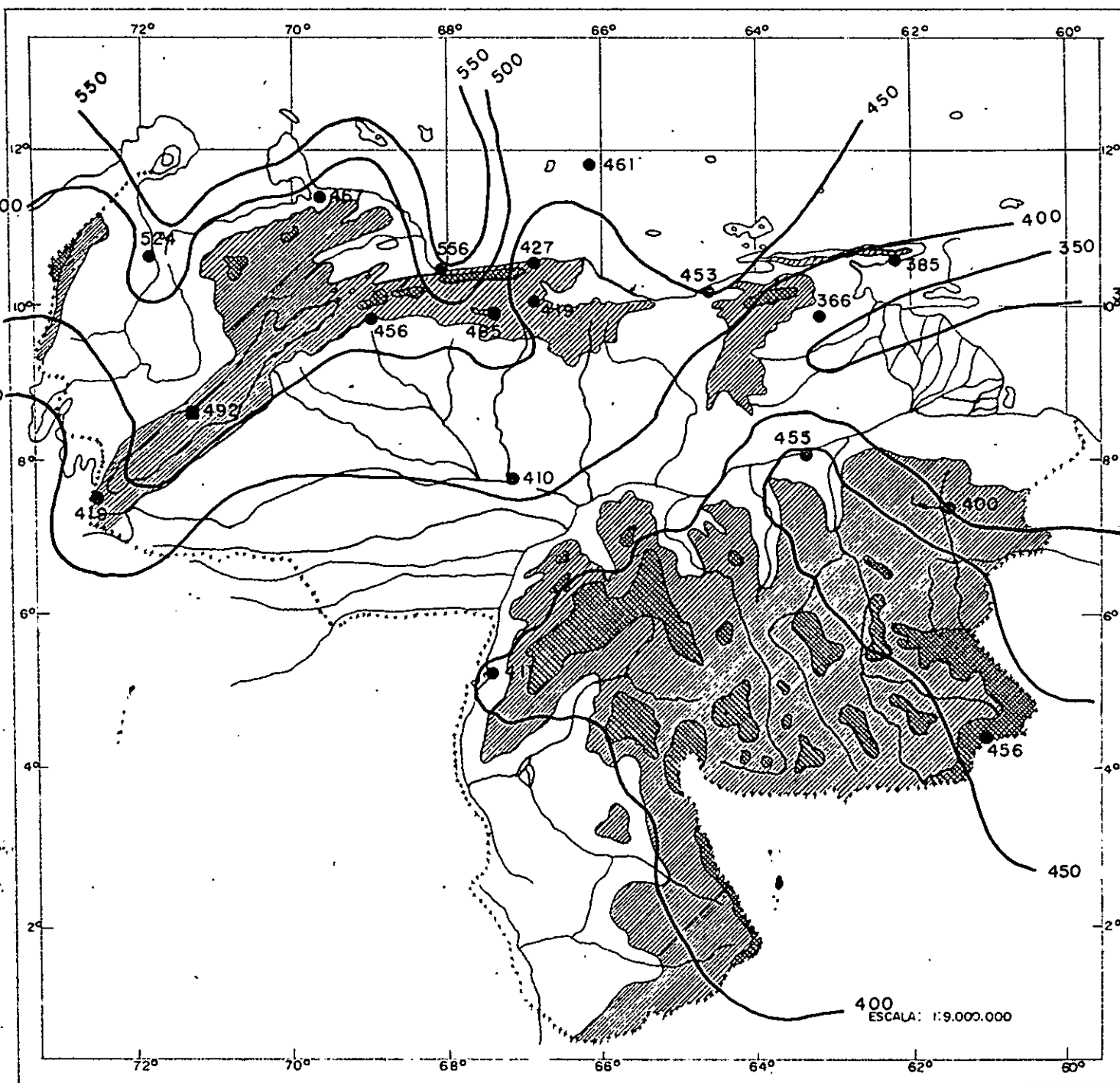
AGOSTO



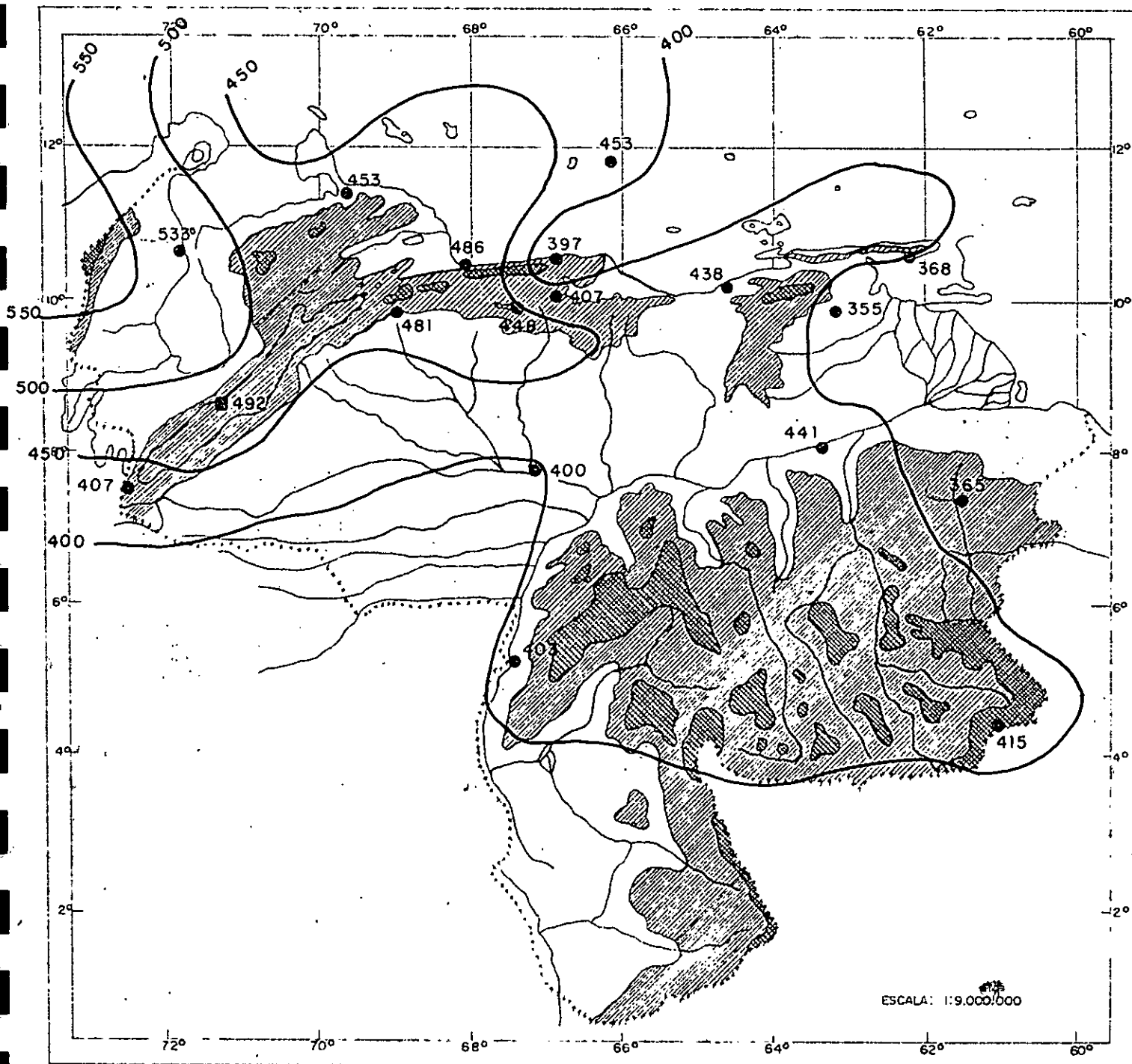
SEPTIEMBRE



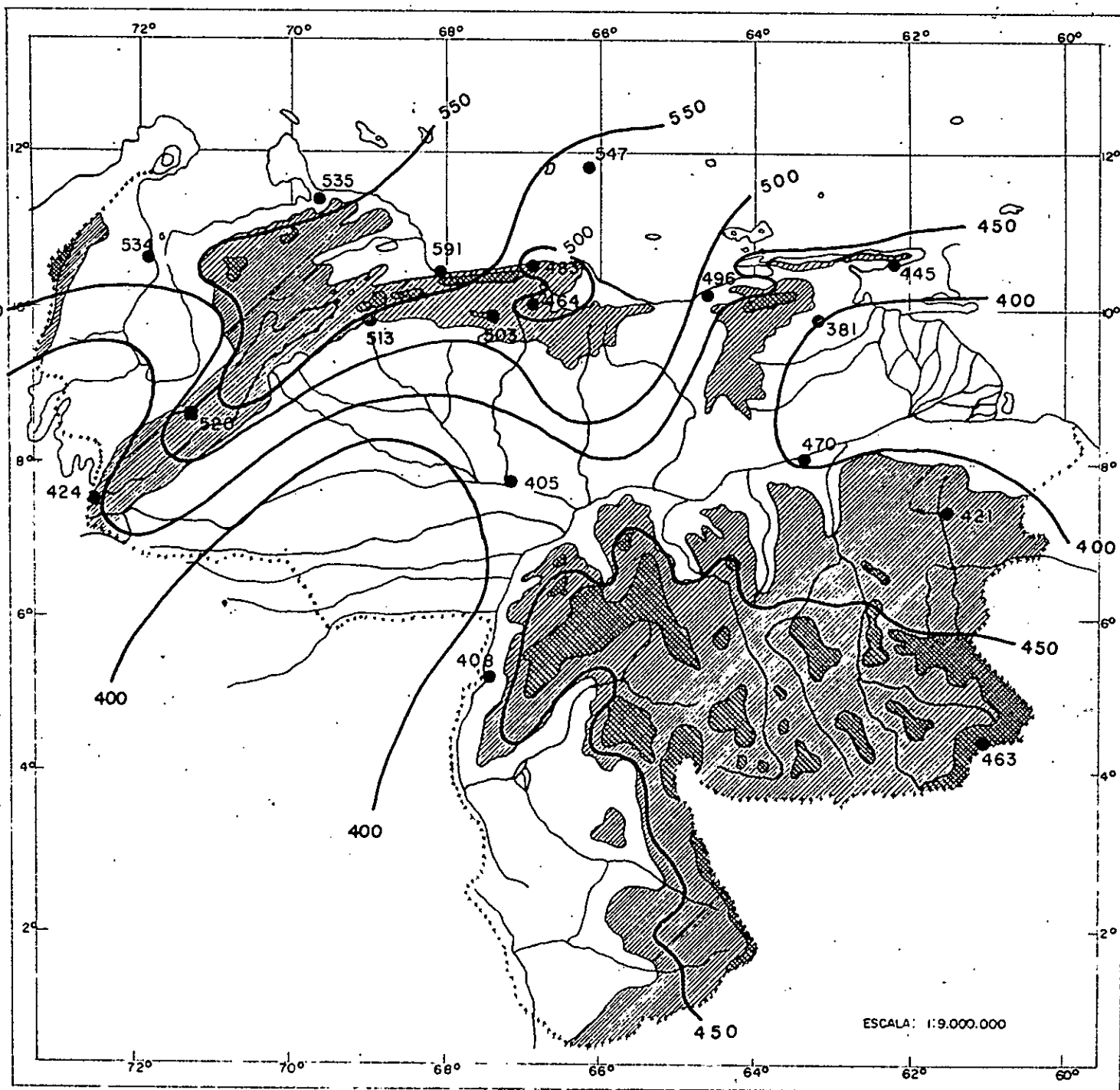
OCTUBRE



NOVIEMBRE

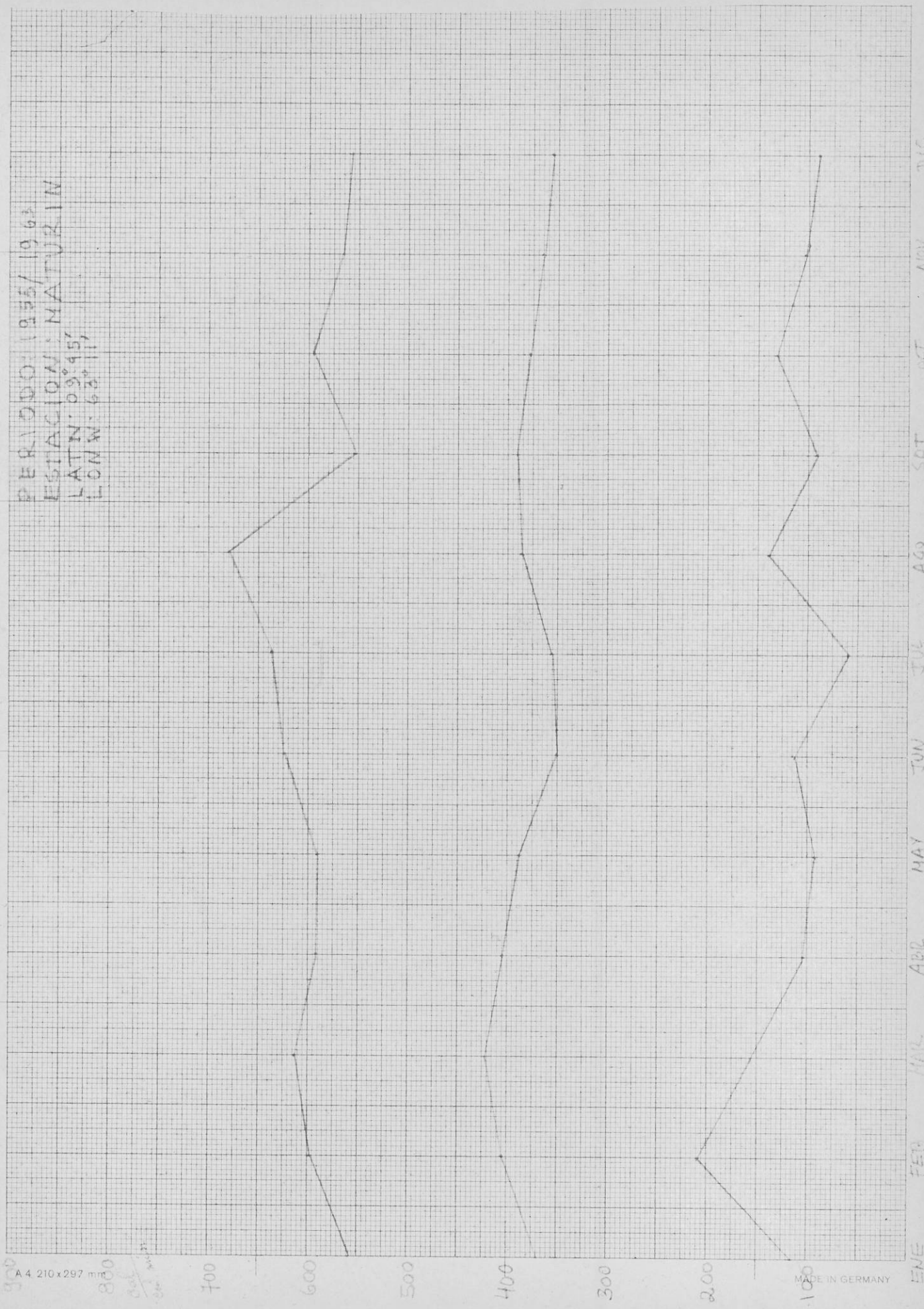


DICIEMBRE



ANUAL

PERIODO: 1955/1963
ESTACION: MATURIN
LATN: 03°45'
LONG: 63°11'

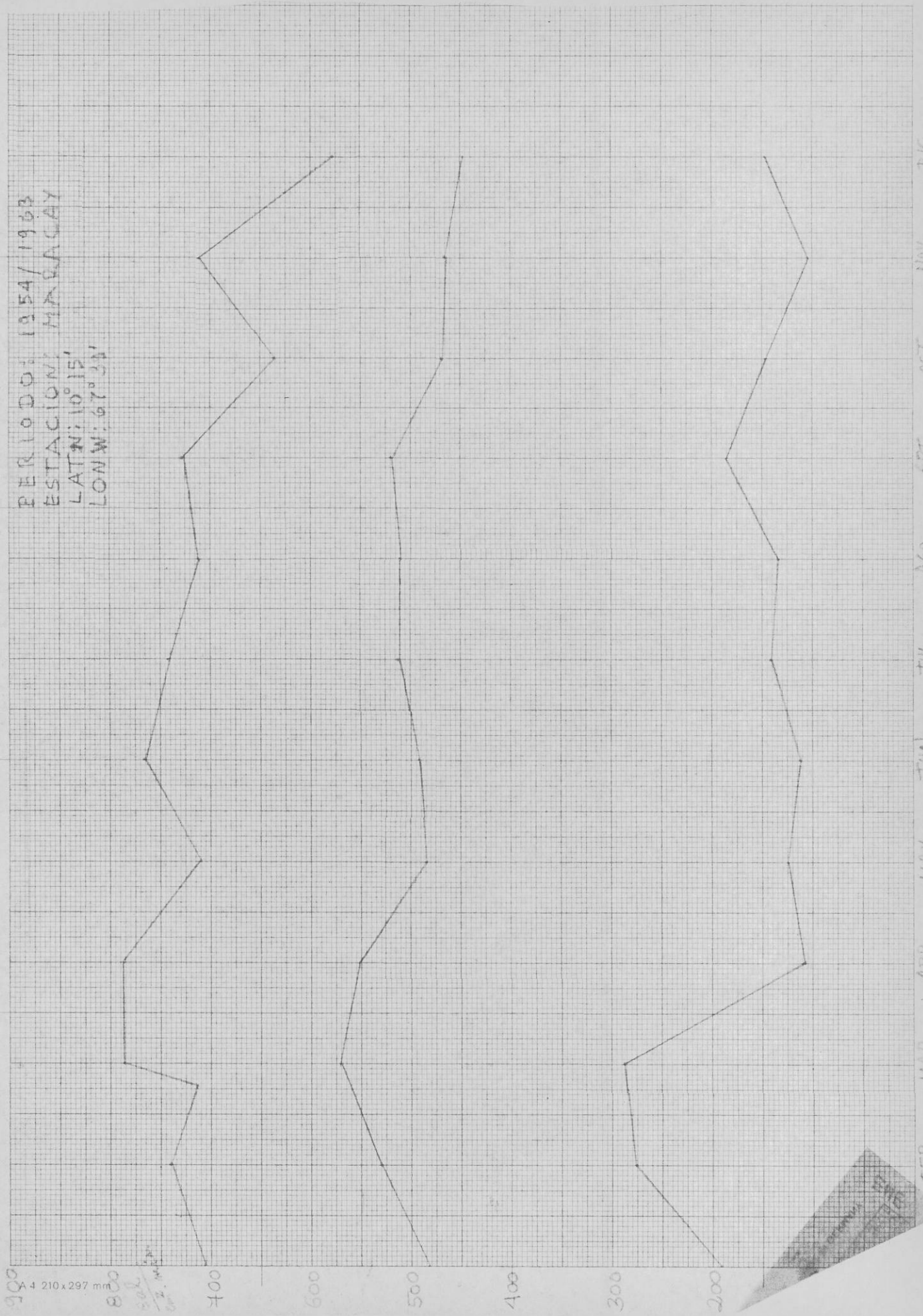


A 4 210 x 297 mm

800
300
200
100

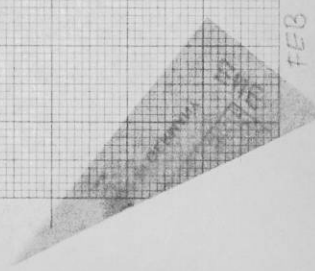
MADE IN GERMANY

PERIODO: 1954/1963
 ESTACION: MASACAY
 LATN: 10° 15'
 LON W: 67° 34'



900
 A 4 210 x 297 mm
 800
 700
 600
 500
 400
 300
 200

FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC



PERIODO: 1958/1963
ESTACION: LA ORCHILLA
LATIT: 11° 48'
LONGIT: 66° 11'

900

A 4 210 x 297 mm

800

500
100

400

600

500

400

300

200

100
MADE IN GERMANY

ENE

FEB

MAR

ABR

MAY

JUN

JUL

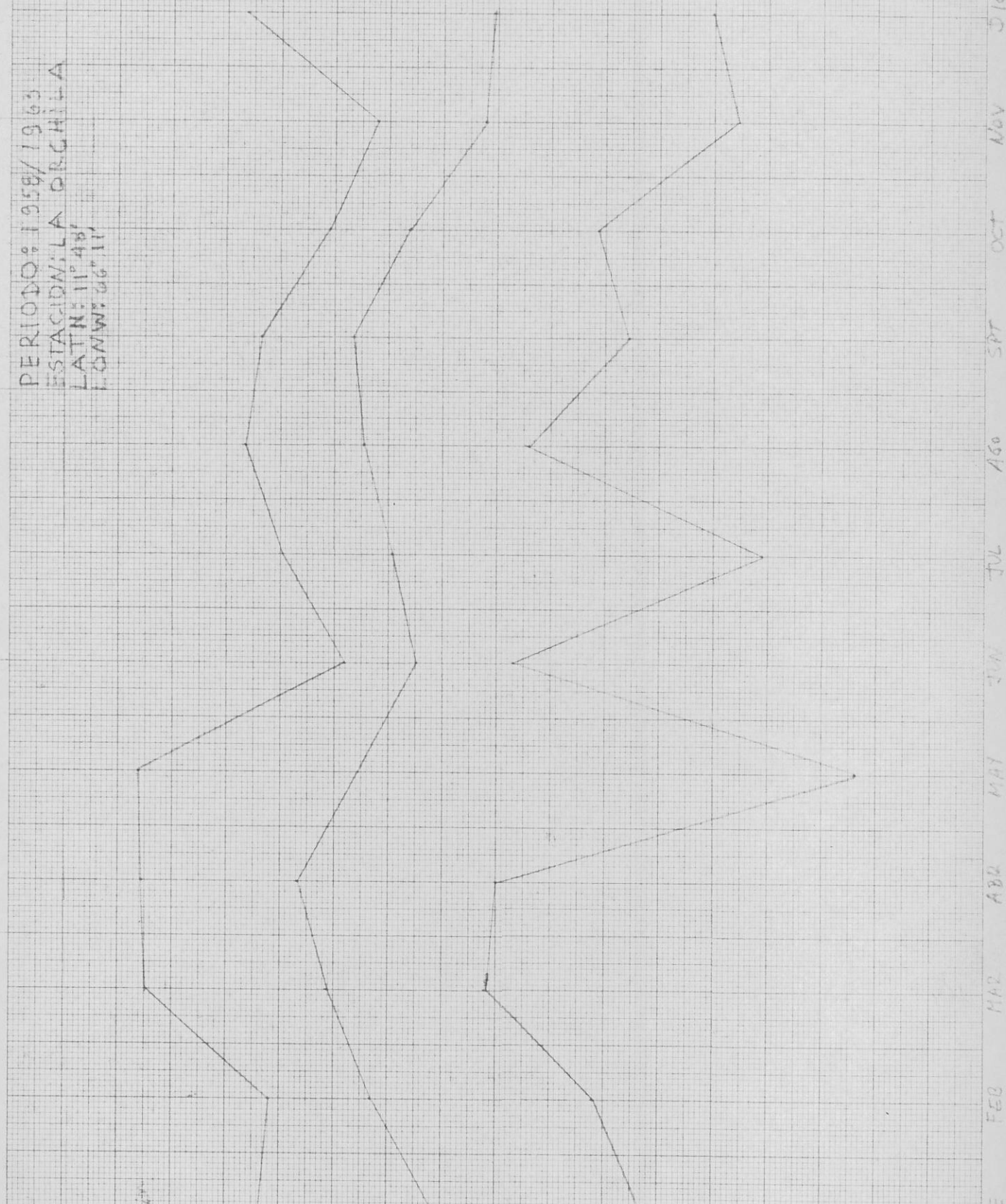
AGO

SEPT

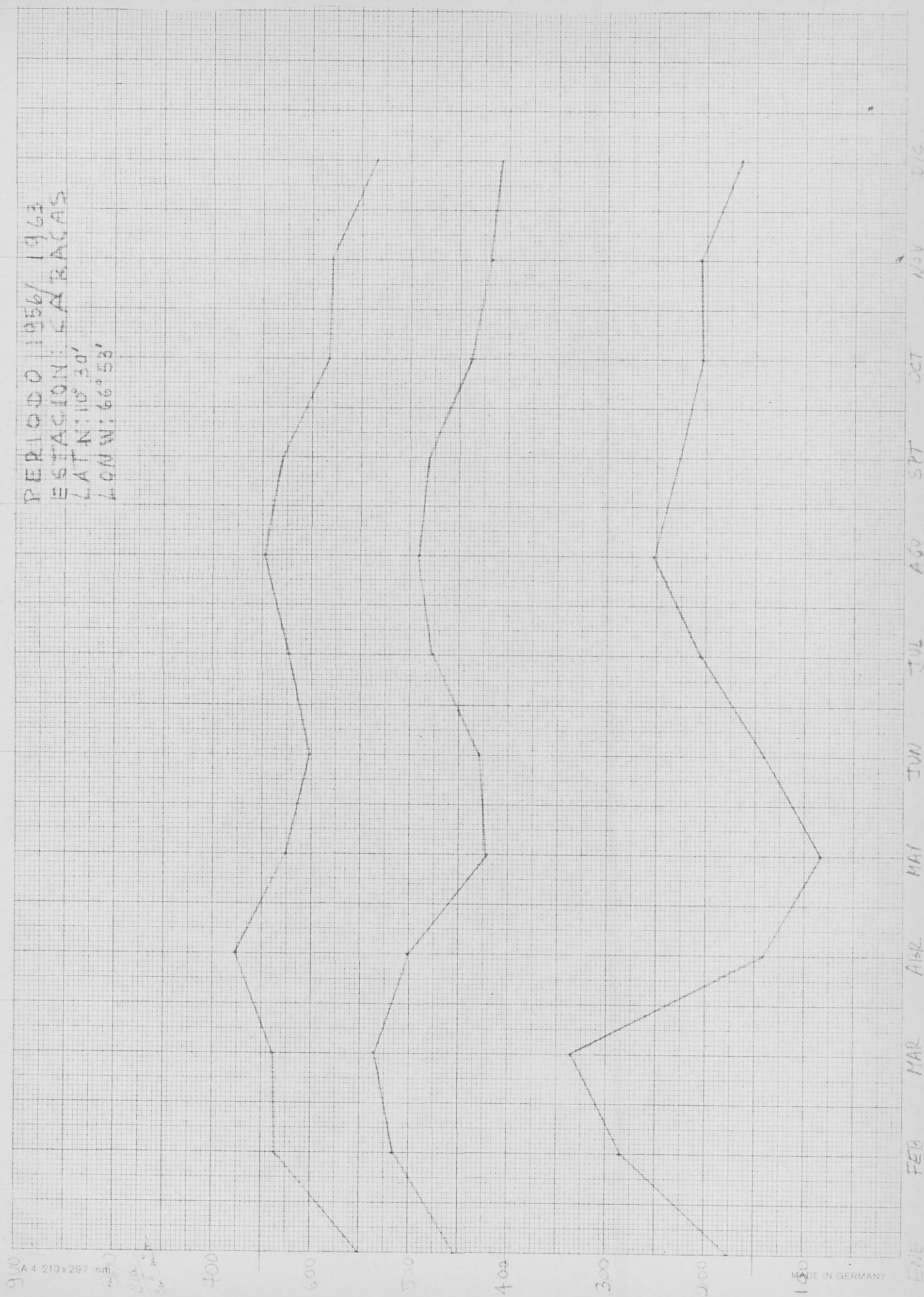
OCT

NOV

DIC



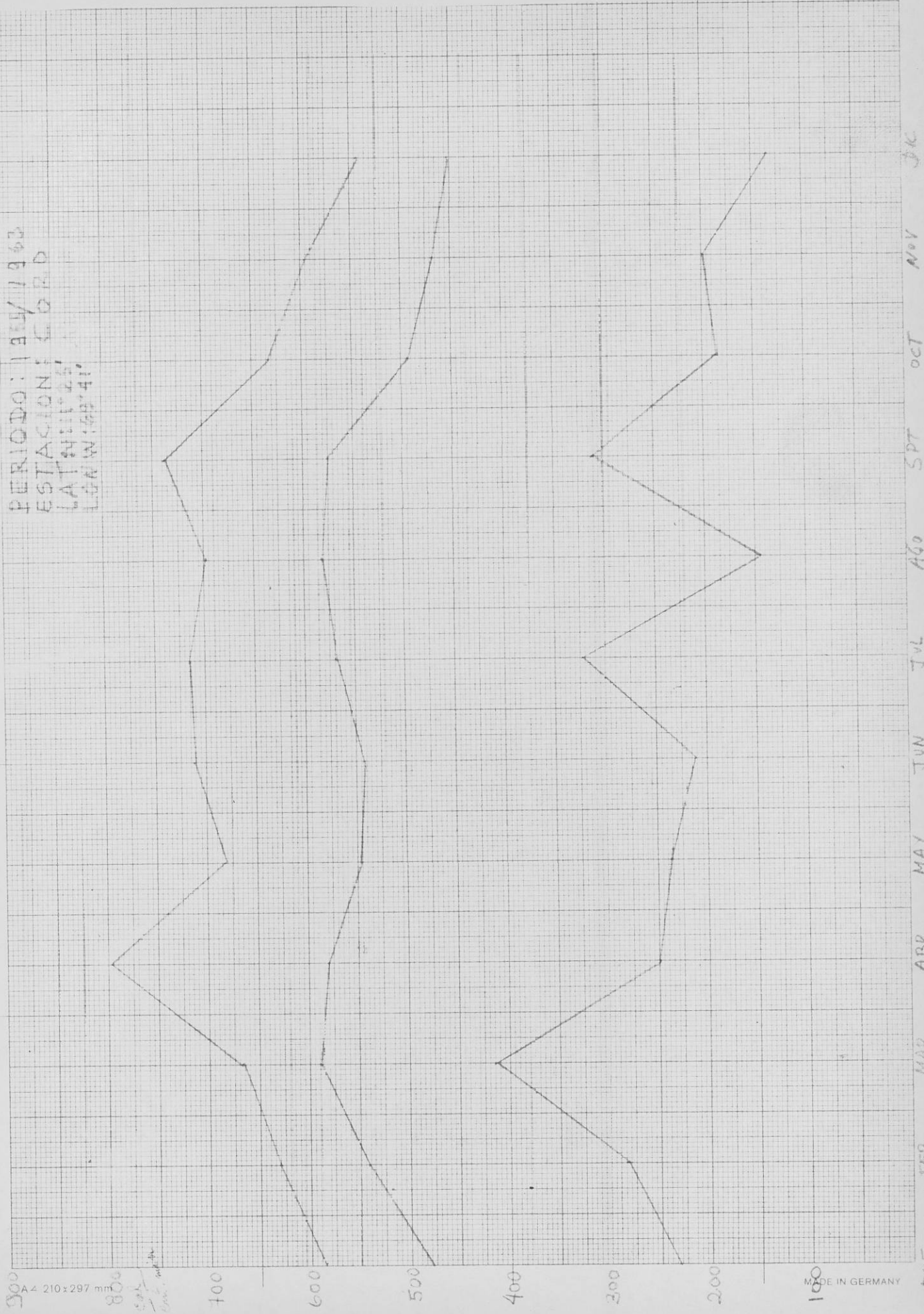
PERIODO 1956/1963
ESTACION: SARRACAS
LAT N: 10° 30'
LONG W: 66° 58'



A4 210x297 mm

MADE IN GERMANY

PERIODO: 1 FEB/1963
 ESTACION: CGRD
 LAT: 41° 25'
 LONG: 89° 41'



300
 A4 210 x 297 mm
 800

MADE IN GERMANY

ENE FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC JAN

PERIODO: 1955/1963
ESTACION: GUIRIA
LATN: 10°35'
LON: 62°18'

900
A 4 210 x 297 mm

800
Cm
Cm

700

600

500

400

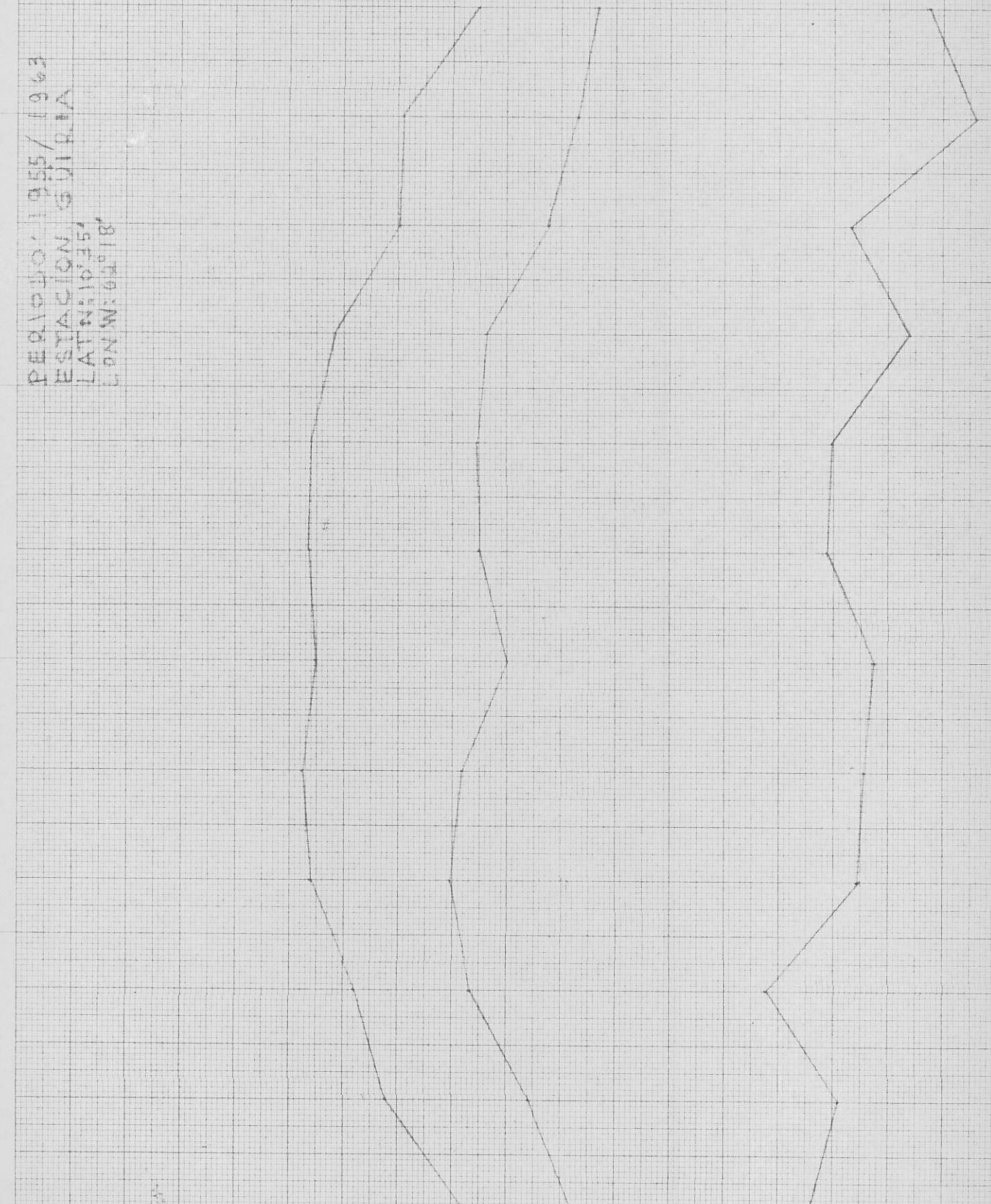
300

200

100

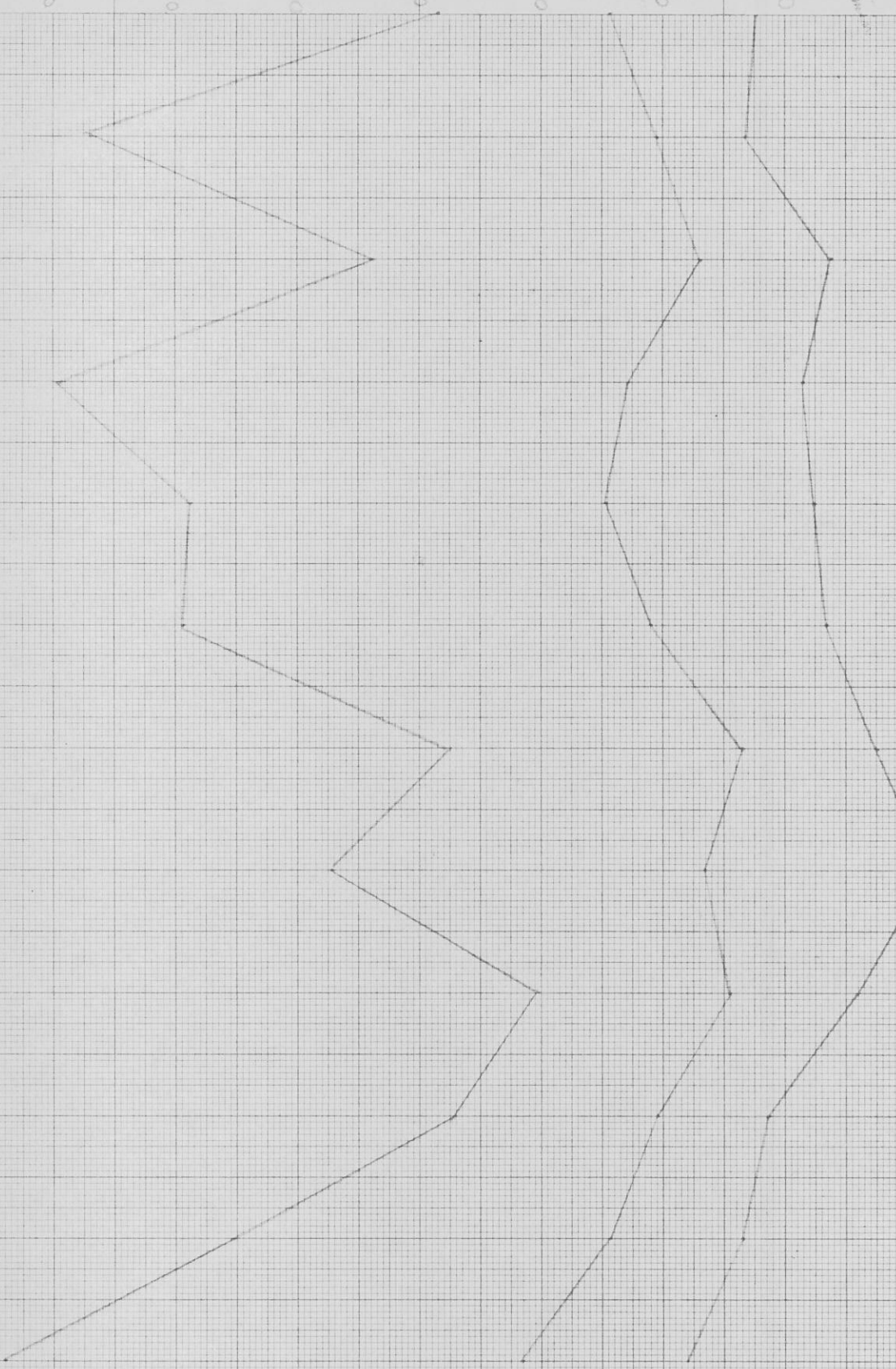
MADE IN GERMANY

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEPT OCT NOV DIC



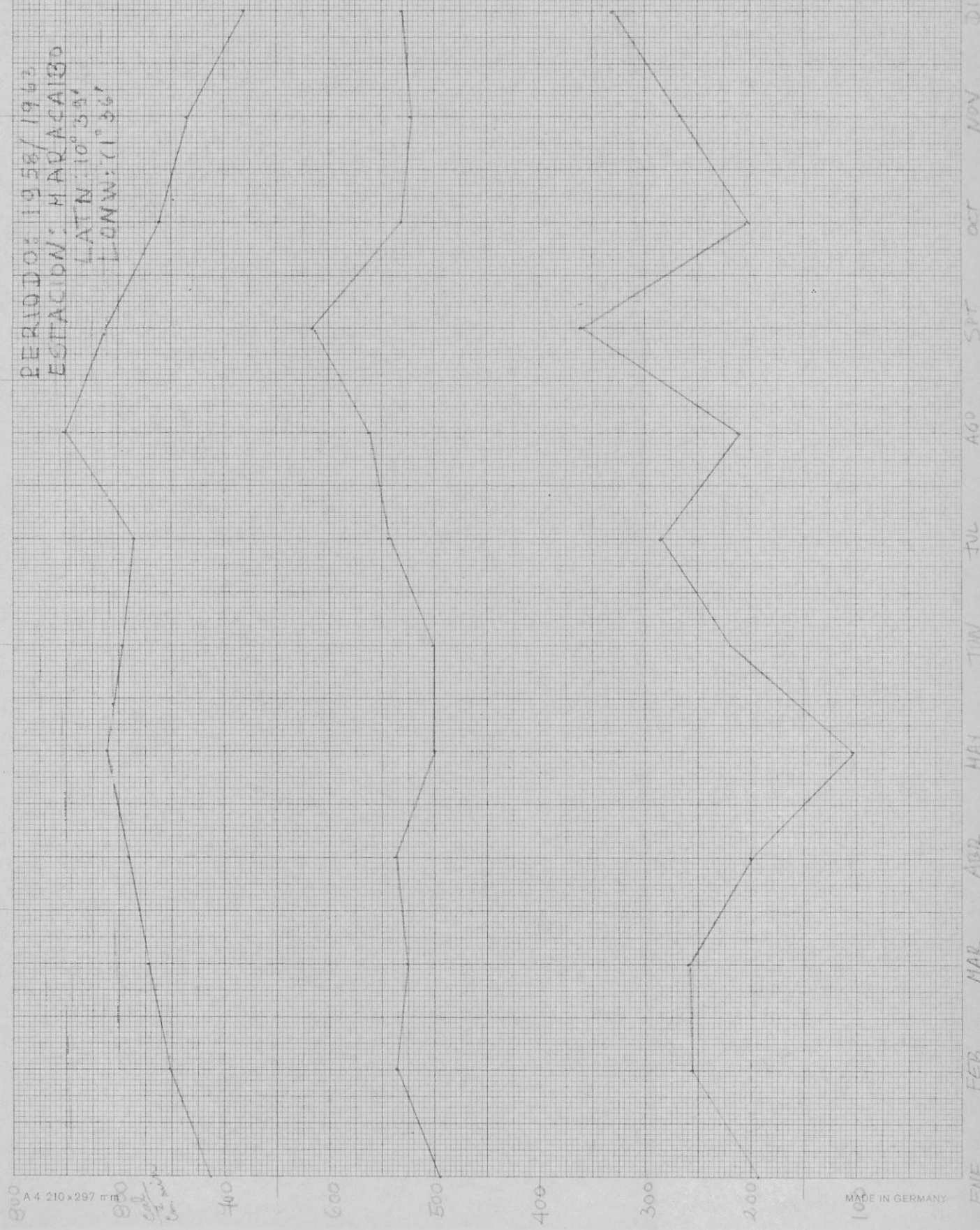
900
A 4 210 x 297 mm
600
500
400
300
200
100
0
C. J. M. S.

PERIODO: 1959/1963
ESTACION: MORON
LATN: 16° 30'
LONG: 68° 04'



MADE IN GERMANY

PERIODO: 1958/1963
 ESTACION: HARACAIBO
 LATN: 10° 35'
 LONG: 71° 36'

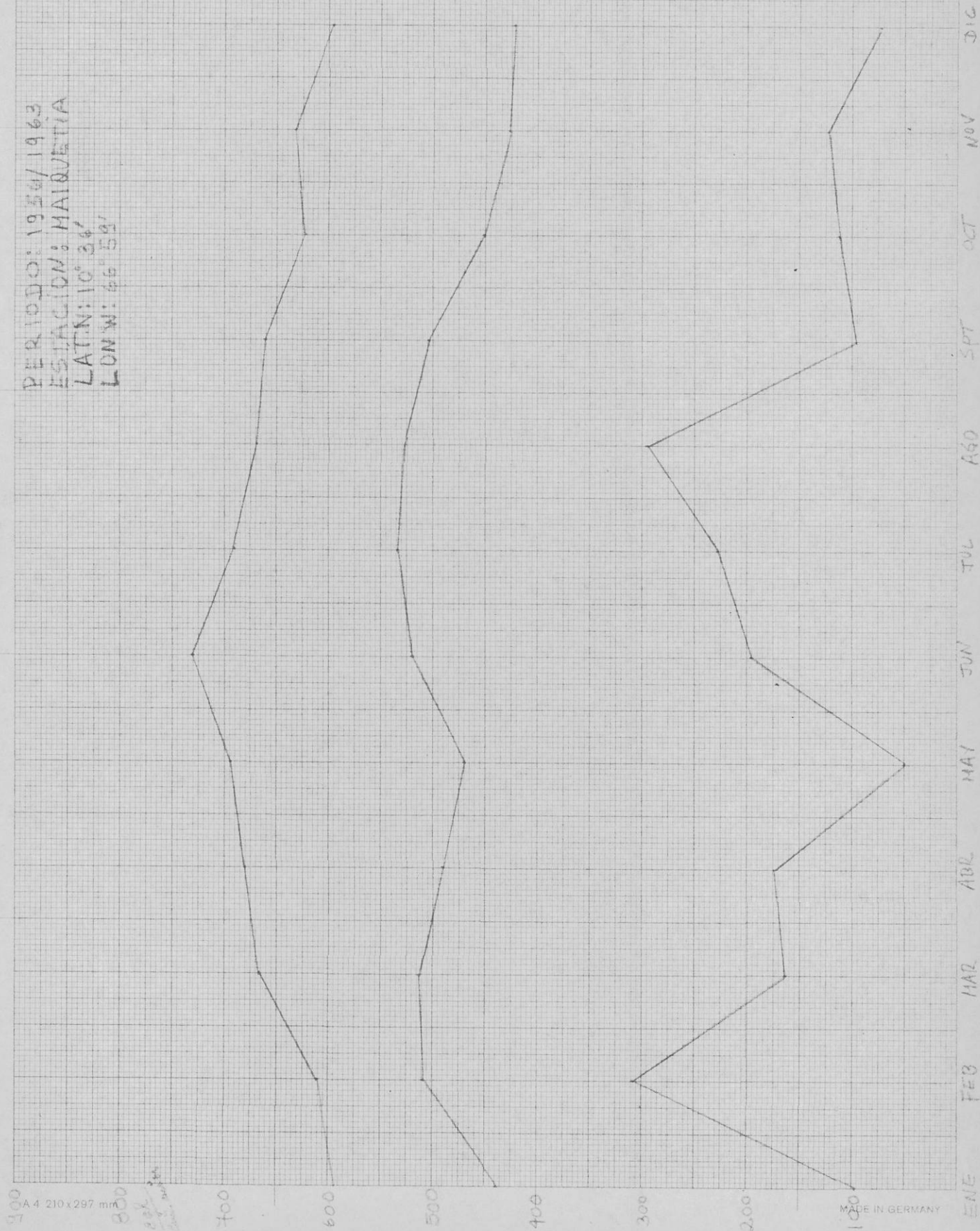


800
 A 4 210x297 mm
 600
 500
 400
 300
 200
 100

MADE IN GERMANY

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

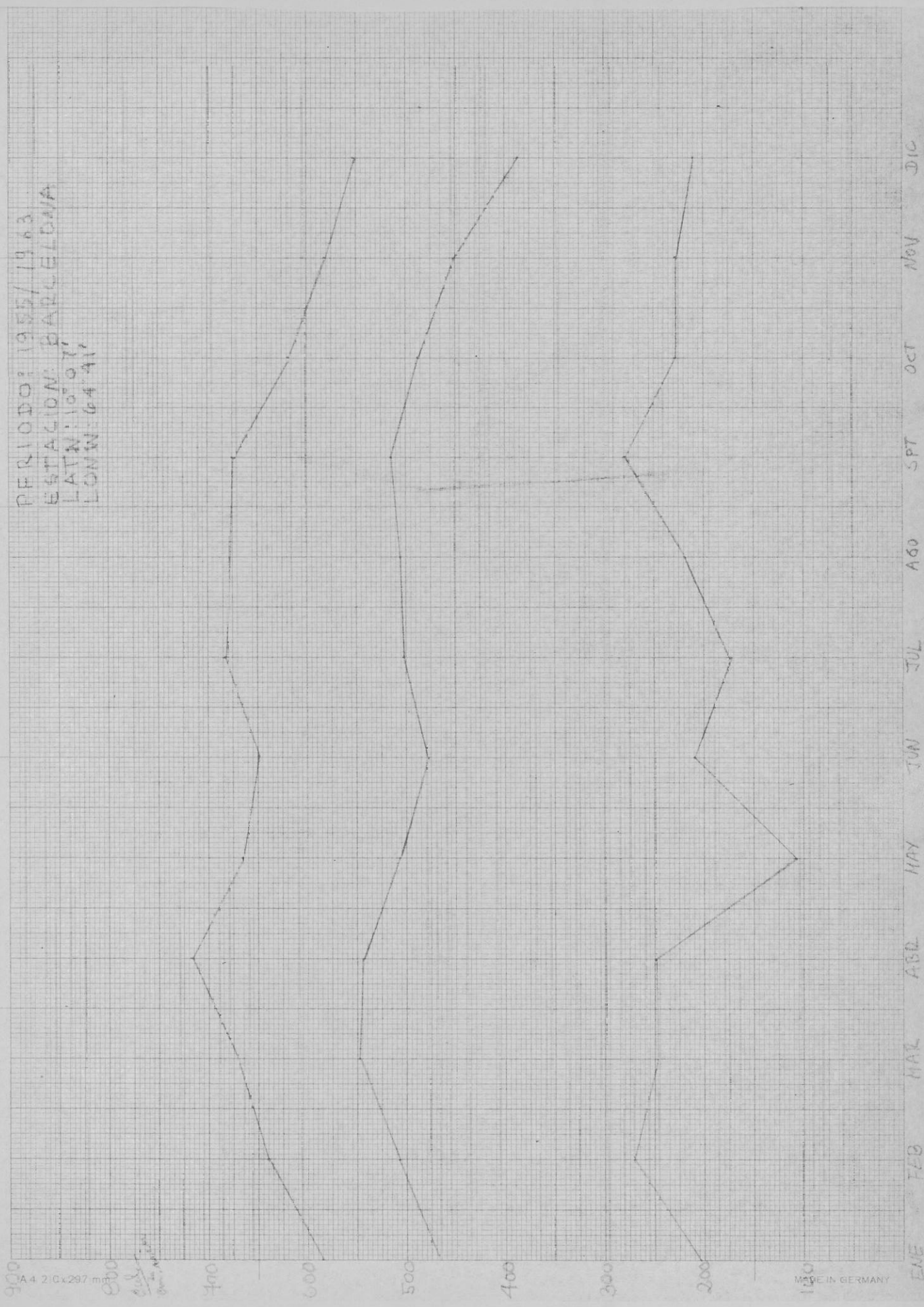
PERIODO: 1954/1963
ESTACION: MAIQUETIA
LATN: 10° 34'
LON W: 66° 59'



900
A 4 210x297 mm
800
700
600
500
400
300
200
100

MADE IN GERMANY

PERIODO: 1955/1963
ESTACION: BARCELONA
LATN: 41° 07'
LONW: 04° 41'

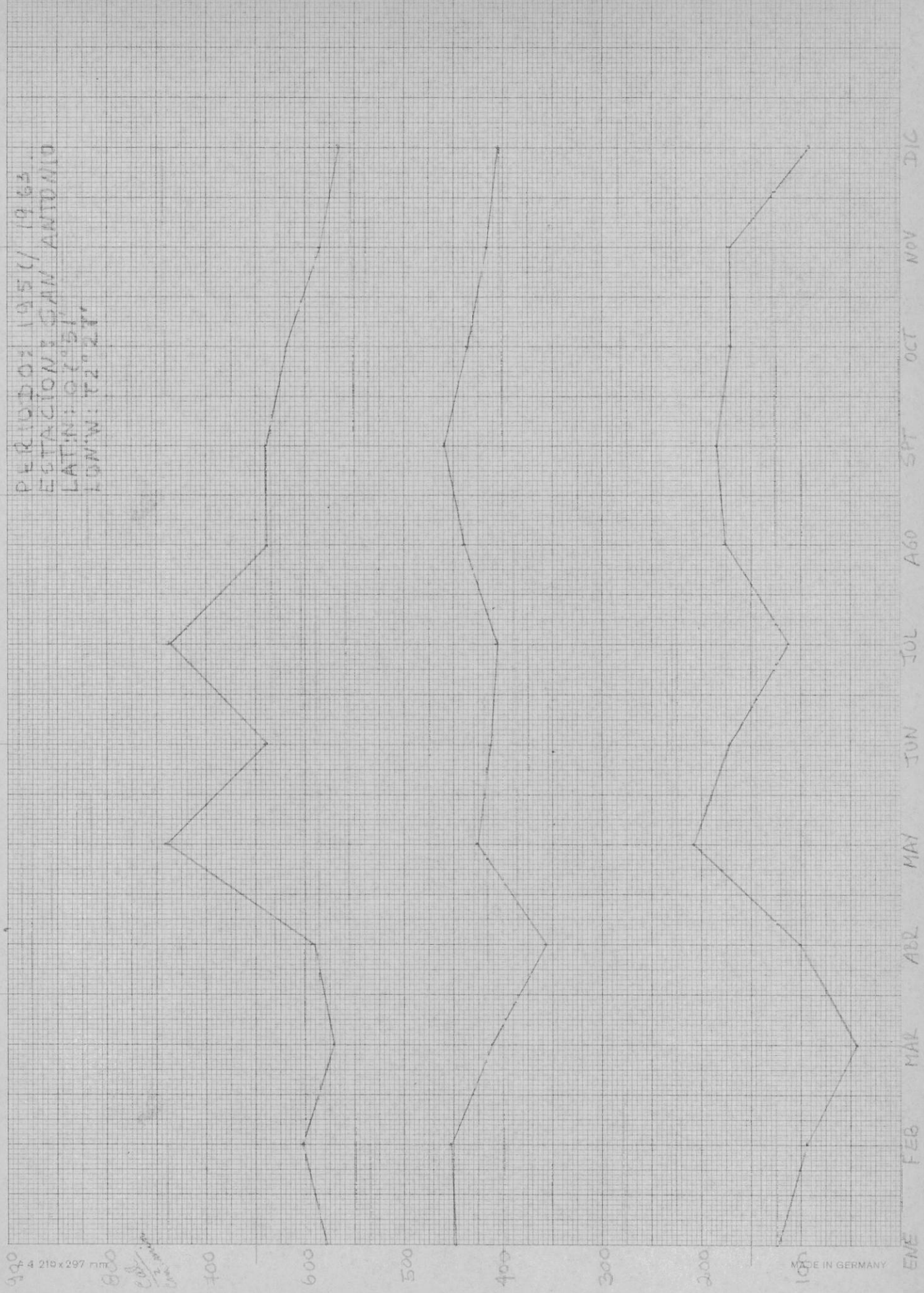


A4 210x297 mm

Handwritten signature and notes

MADE IN GERMANY

PERIODO: 1951/1963
 ESTACION: SAN ANTONIO
 LAT: 02° 51'
 LONG: 72° 27'

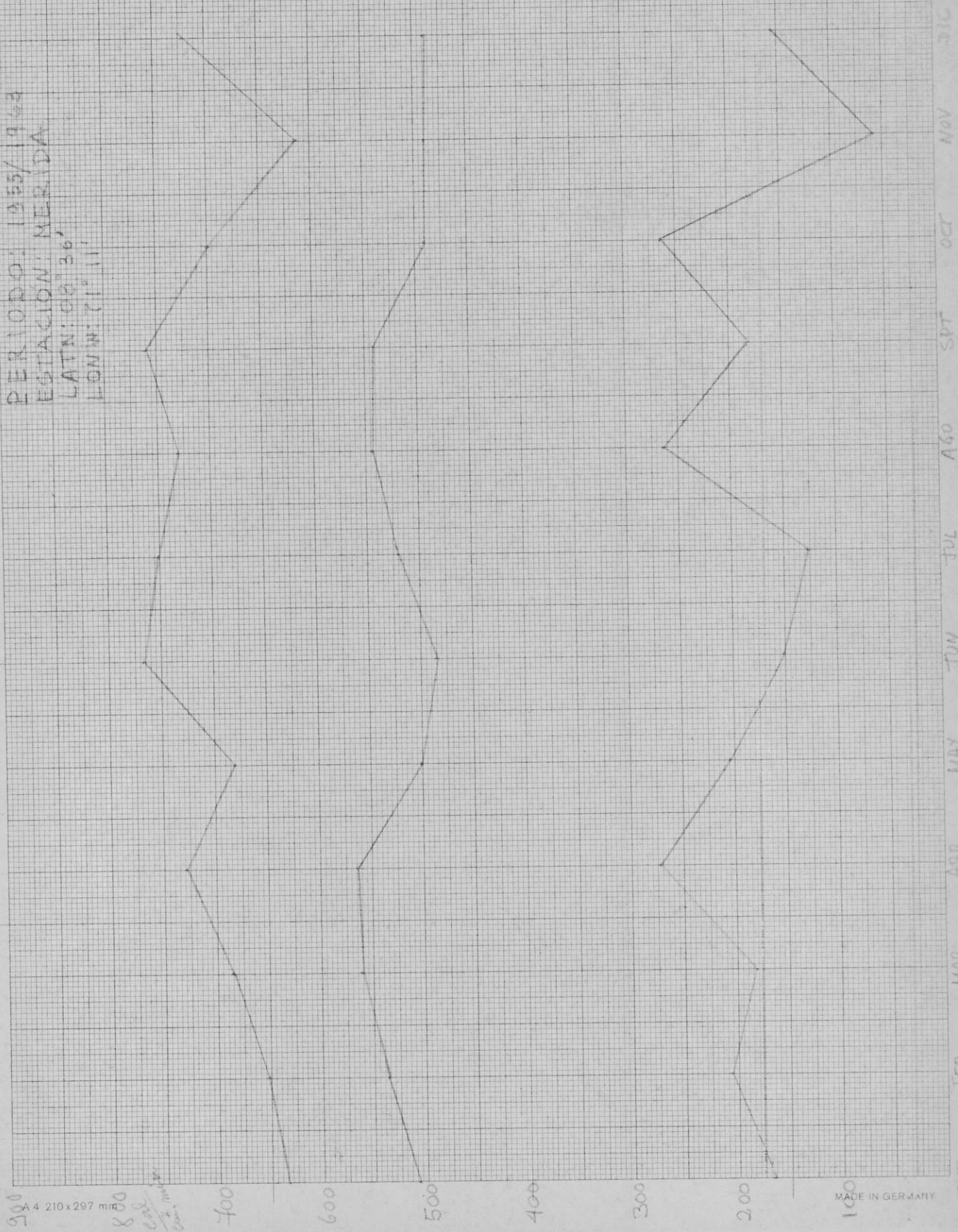


900 4 210 x 297 mm

800
 700
 600
 500
 400
 300
 200
 100

MADE IN GERMANY

PERIODO: 1955/1964
 ESTACION: MERIDA
 LATN: 00° 36'
 LONW: 71° 11'



900
 A 4 210 x 297 mm
 800
 700
 600
 500
 400
 300
 200
 100

MADE IN GERMANY

PERIODO: 1958/1963
 ESTACION: PUERTO AYACUCHO
 LATITUD: 05° 41'
 LONGITUD: 67° 38'

900
 A 4 210x297 mm
 800
 700
 600
 500
 400
 300
 200
 100

100
 200
 300
 400
 500
 600
 700
 800
 900

ENE

FEB

MAR

ABR

MAY

JUN

JUL

AGO

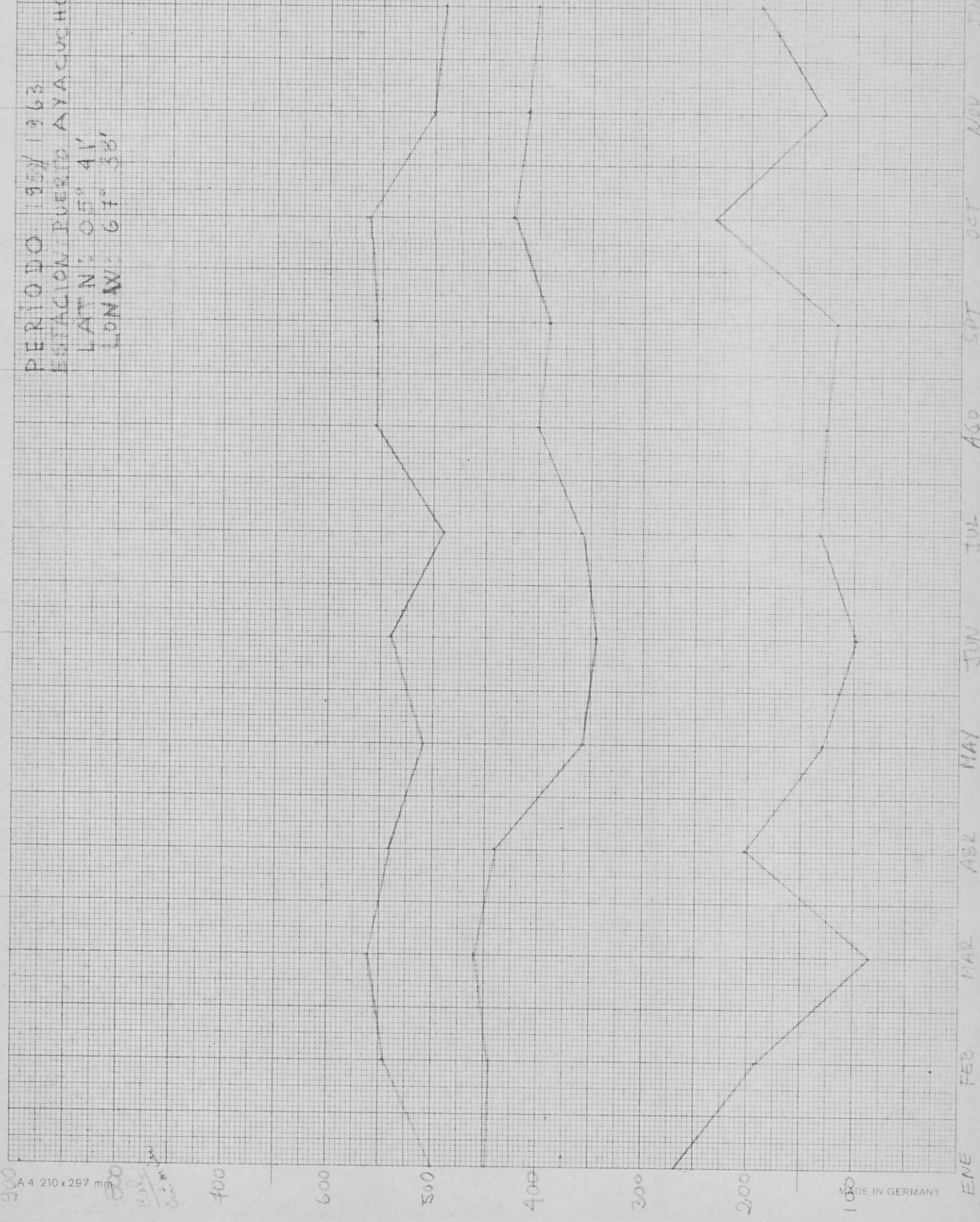
SEP

OCT

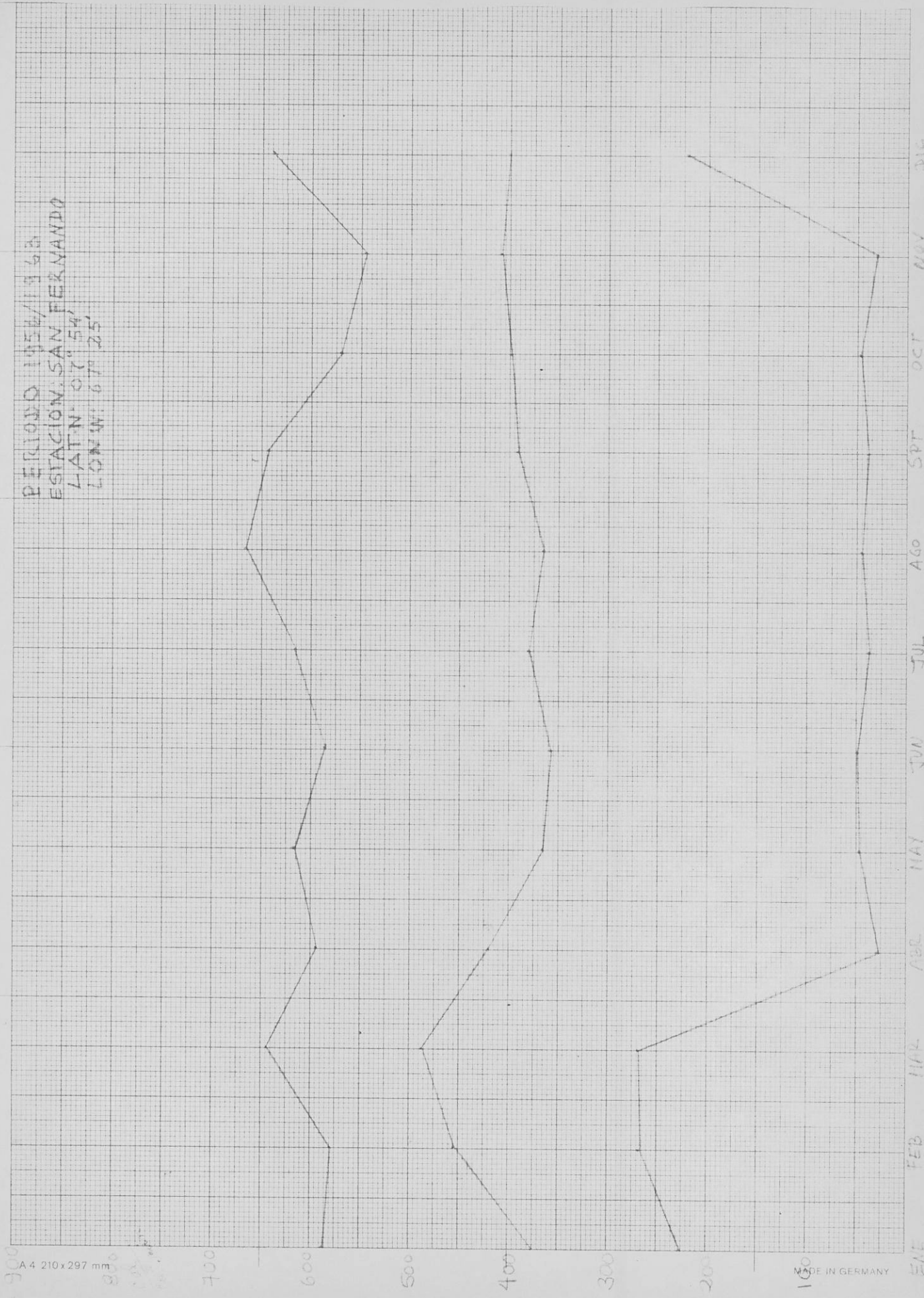
NOV

DIC

MADE IN GERMANY



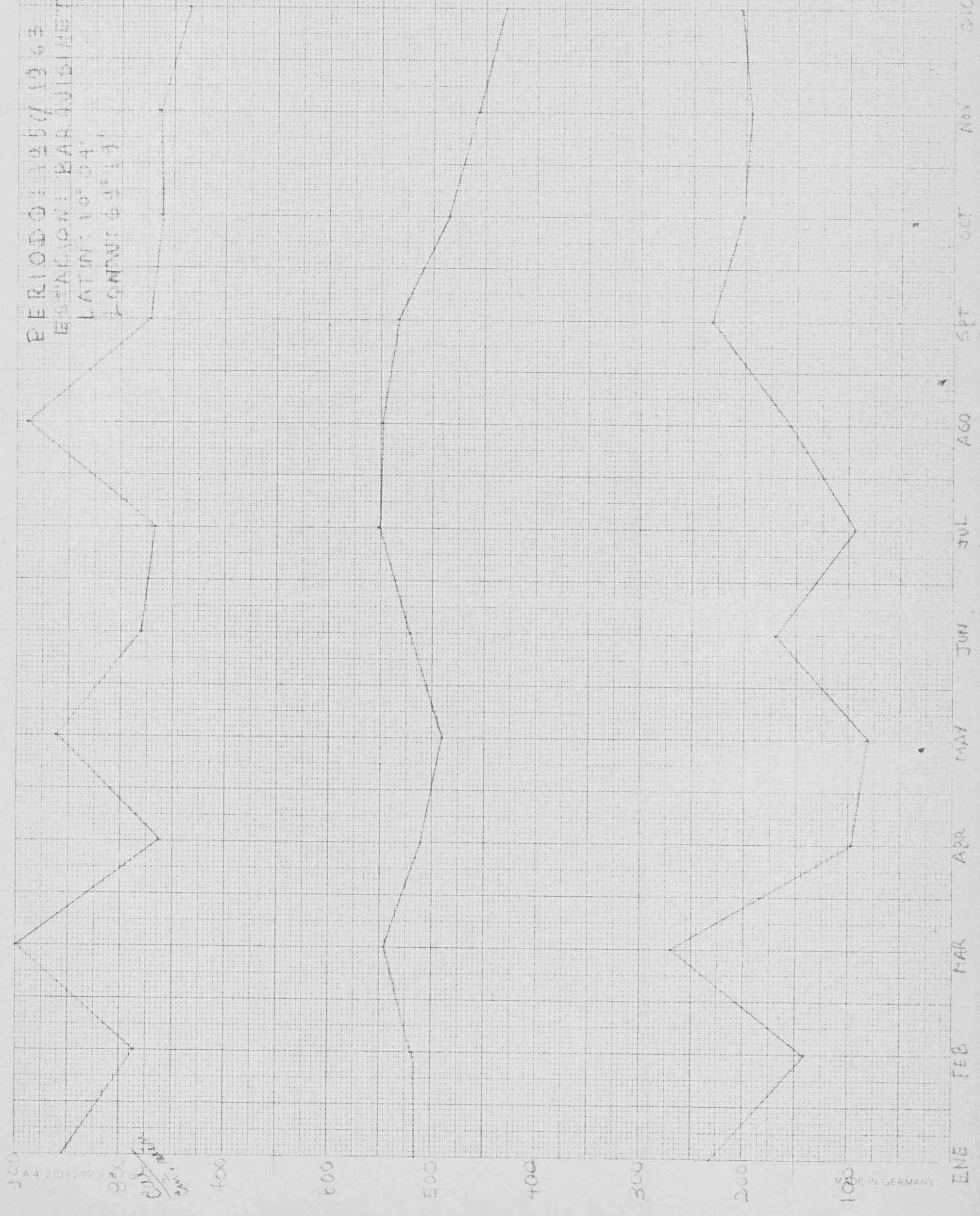
PERIODO 1956/1963
ESTACION: SAN FERNANDO
LATN: 07° 54'
LONW: 67° 25'



A 4 210 x 297 mm

MADE IN GERMANY

PERIOD: 1957/1963
 STATION: BARLESIHE TO
 LAT: 10° 04'
 LONG: 69° 11'

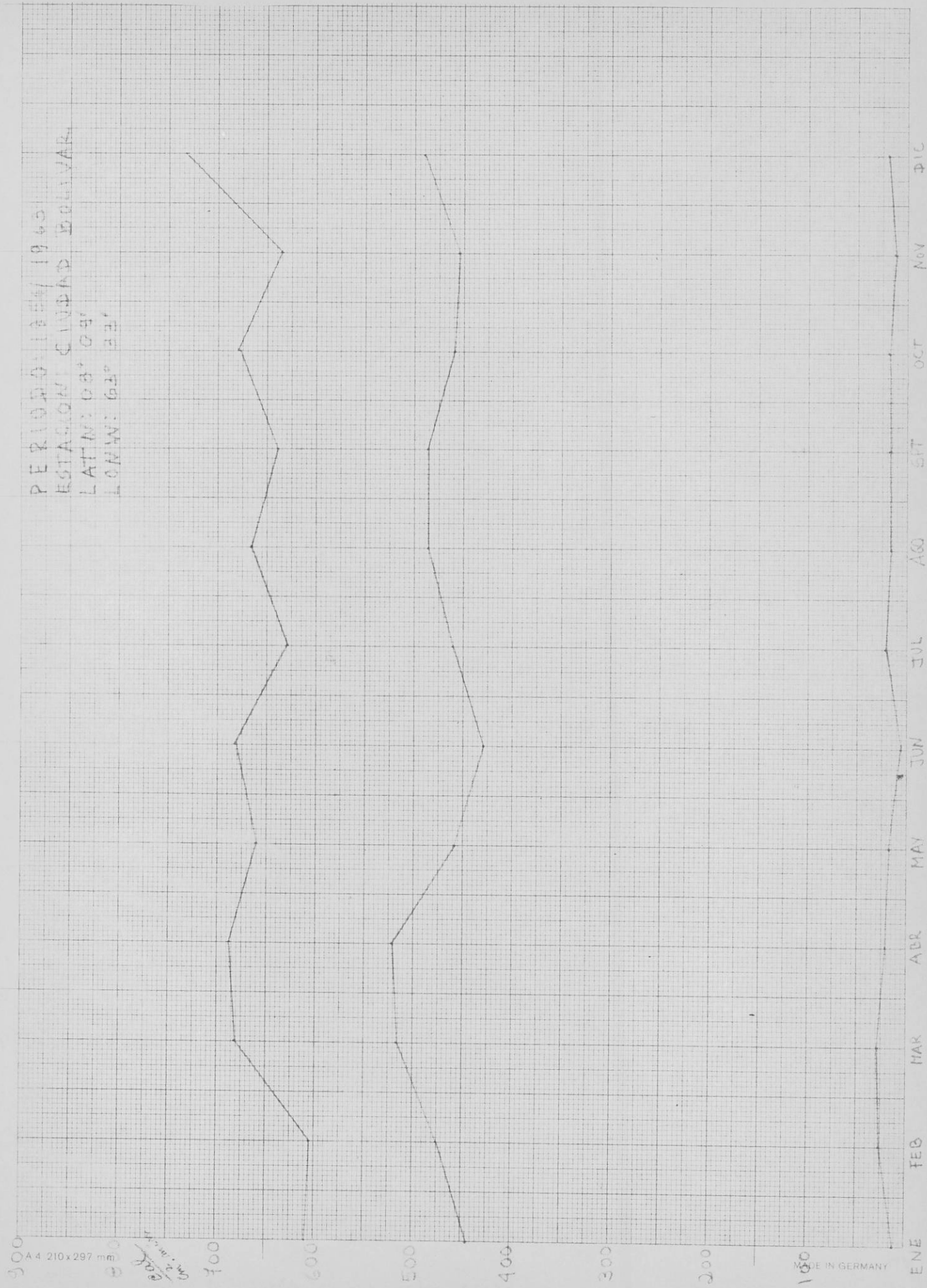


100
 4 20 197
 800
 mm
 1000

1000 IN GERMANY

ENE FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC

PERIODO: 1954/1960
ESTACION: CIUDAD BOLIVAR
LATITUD: 08° 08'
LONGITUD: 63° 33'



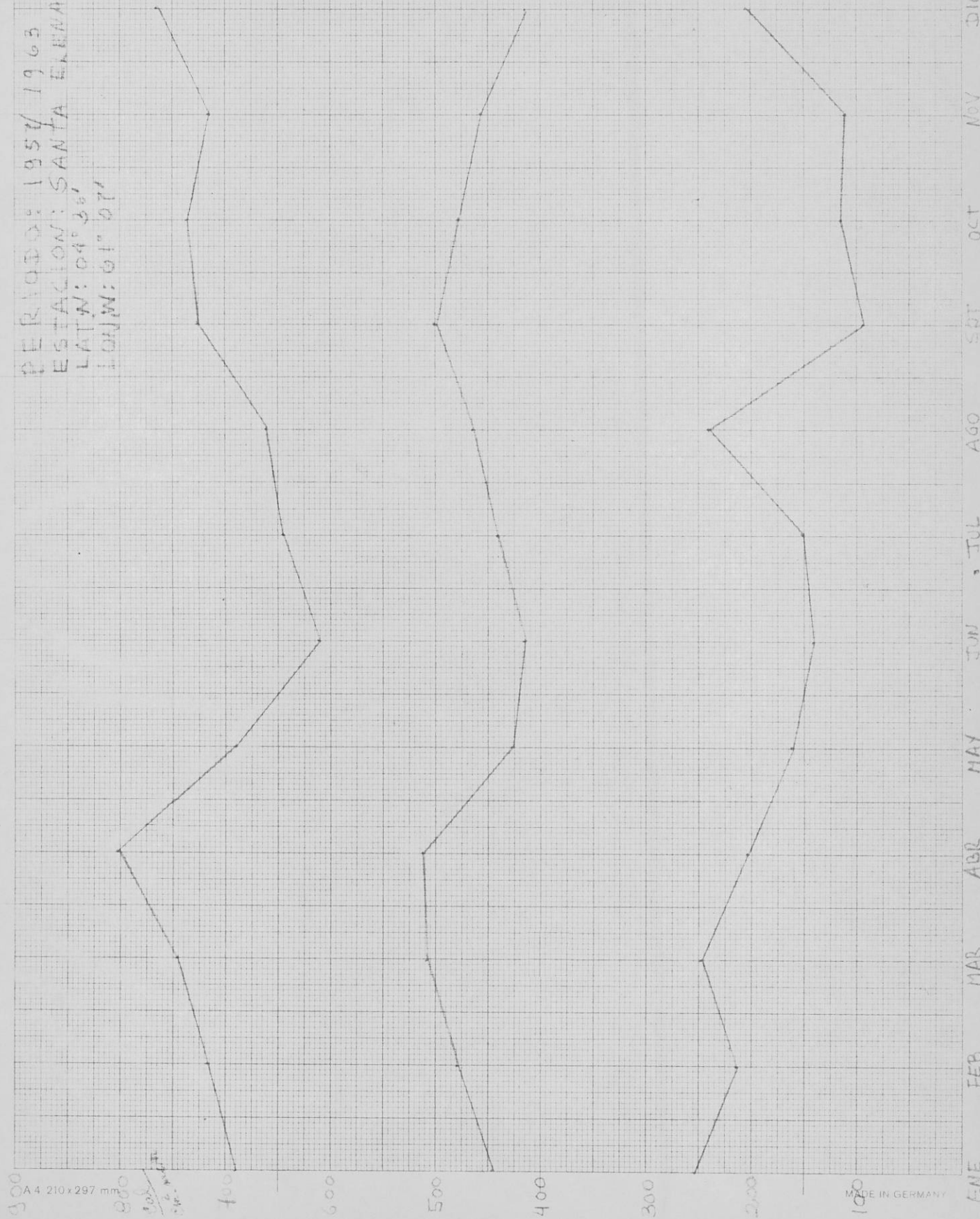
900
A 4 210x297 mm

080
060
040
020

100
200
300
400
500
600
700
800
900
MADE IN GERMANY

ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AUG
SEP
OCT
NOV
DIC

PERIODO: 1954/1963
 ESTACION: SANTA ELENA
 LATIT: 04° 35'
 LONG: 01° 07'

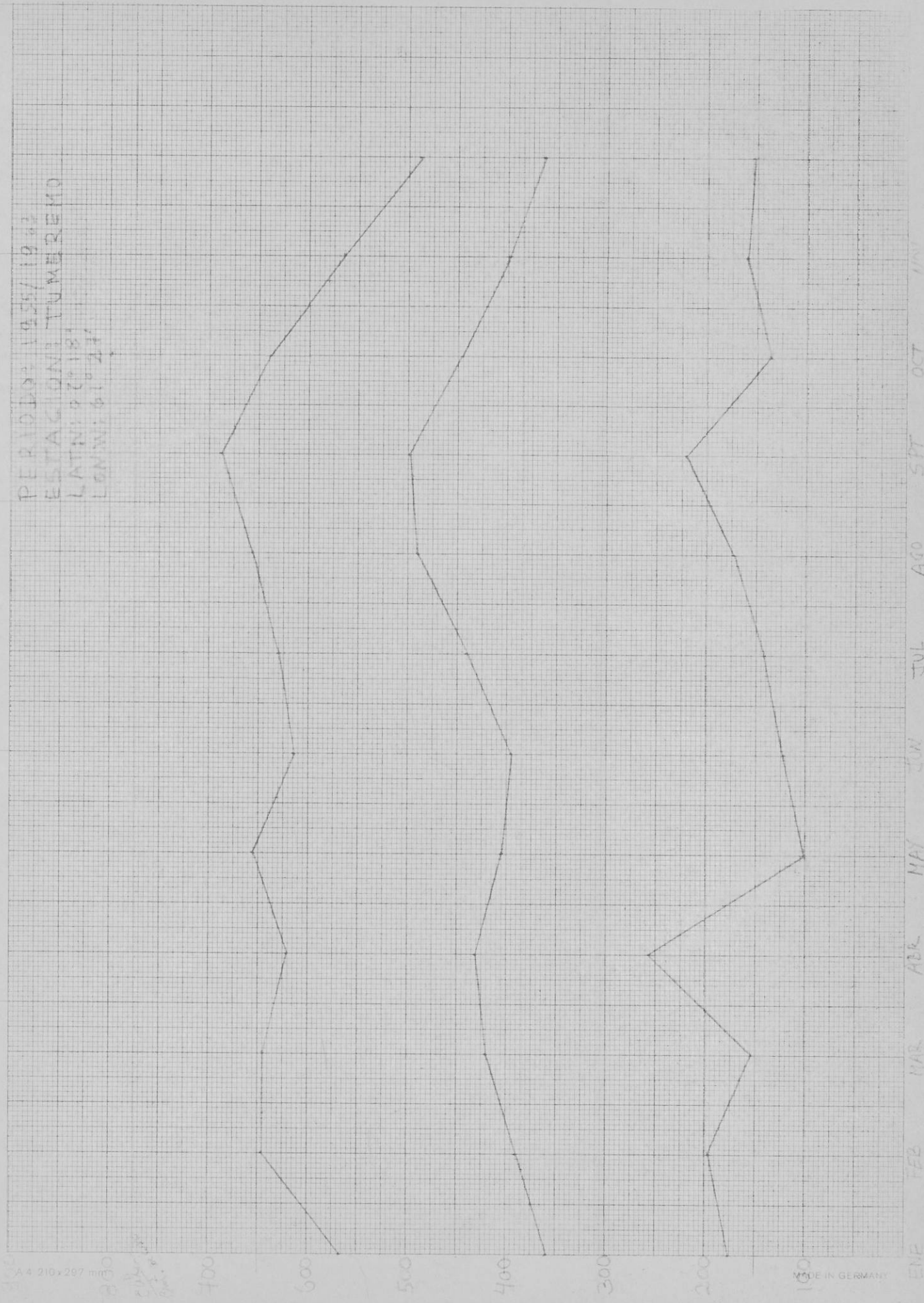


300
 A4 210x297 mm
 000
 400
 500
 600

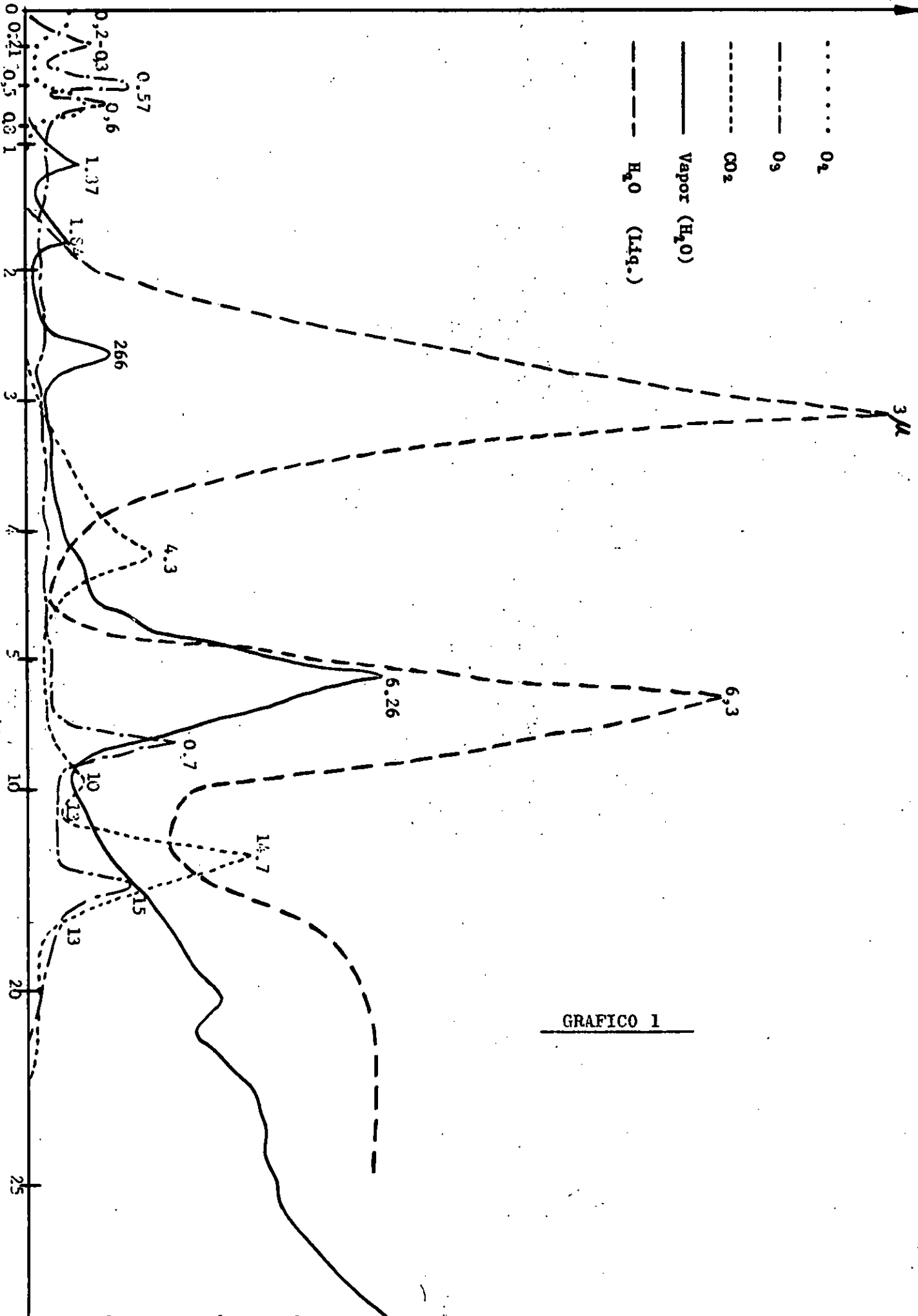
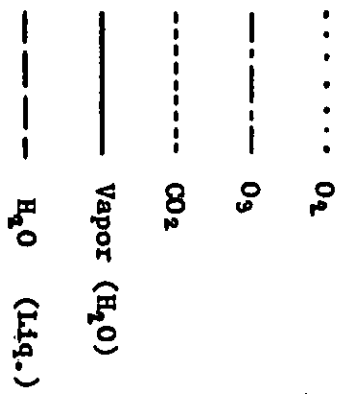
MADE IN GERMANY

JAN FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DEC

PERIODO: 1955/1962
ESTACION: TUMERMO
LATITUD: 18° 18'
LONGITUD: 104° 41'



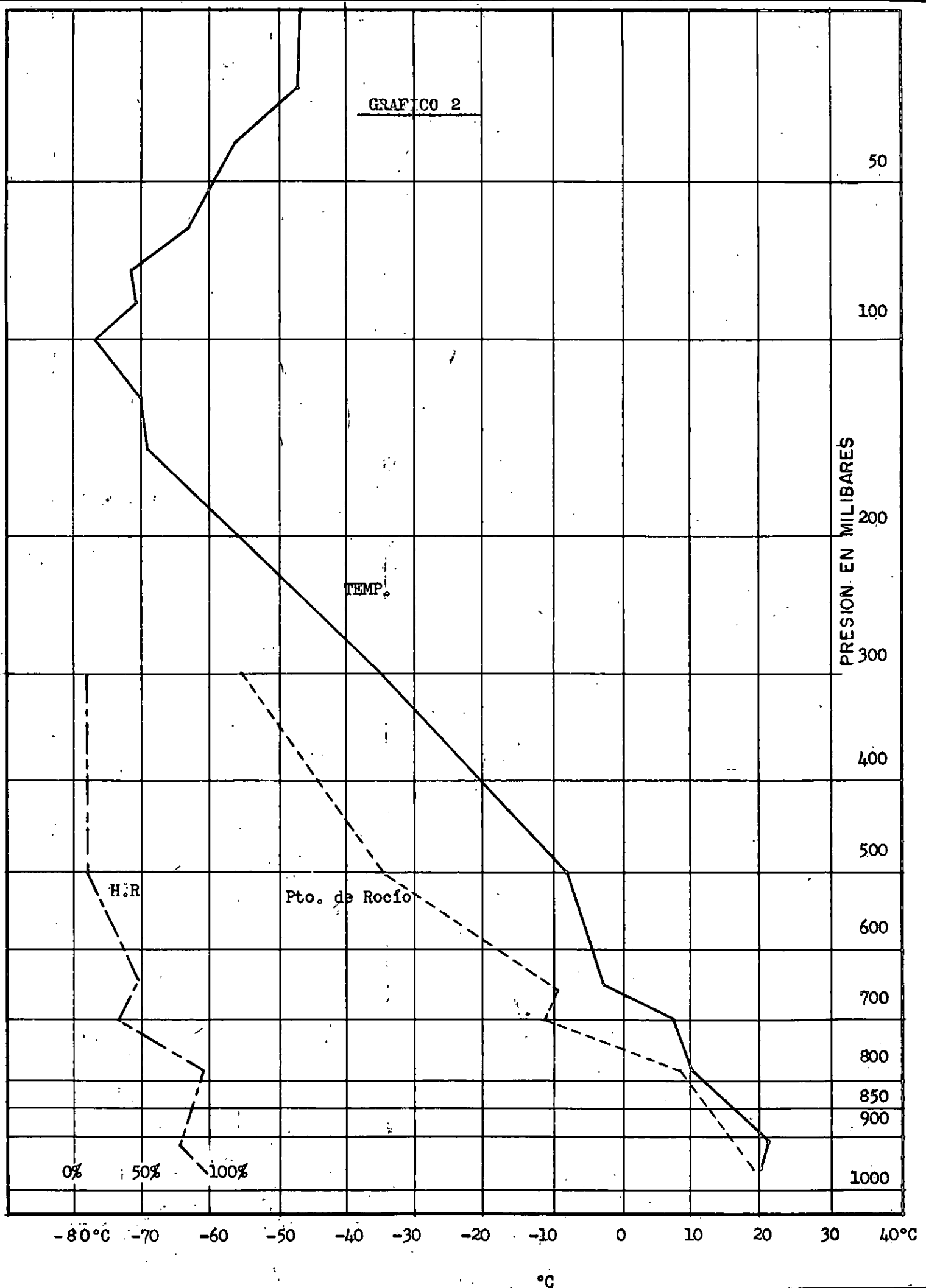
K_λ



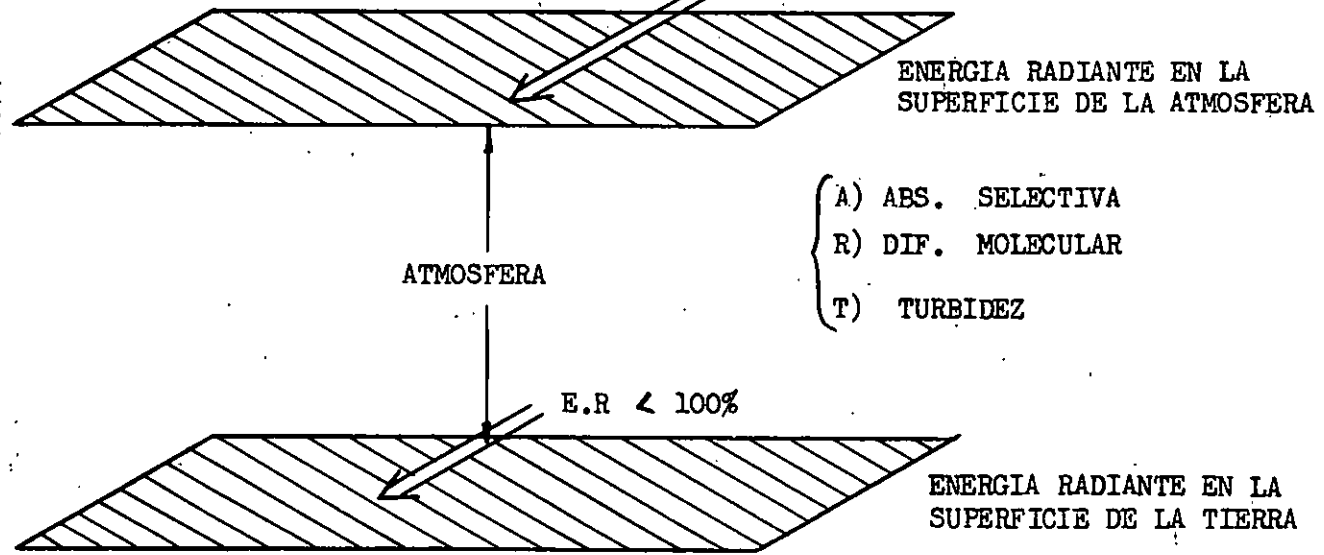
ESPECTRO DE ABSORCION DE GASES Y VAPOR DE AGUA

GRAFICO 1

GRAFICO 2

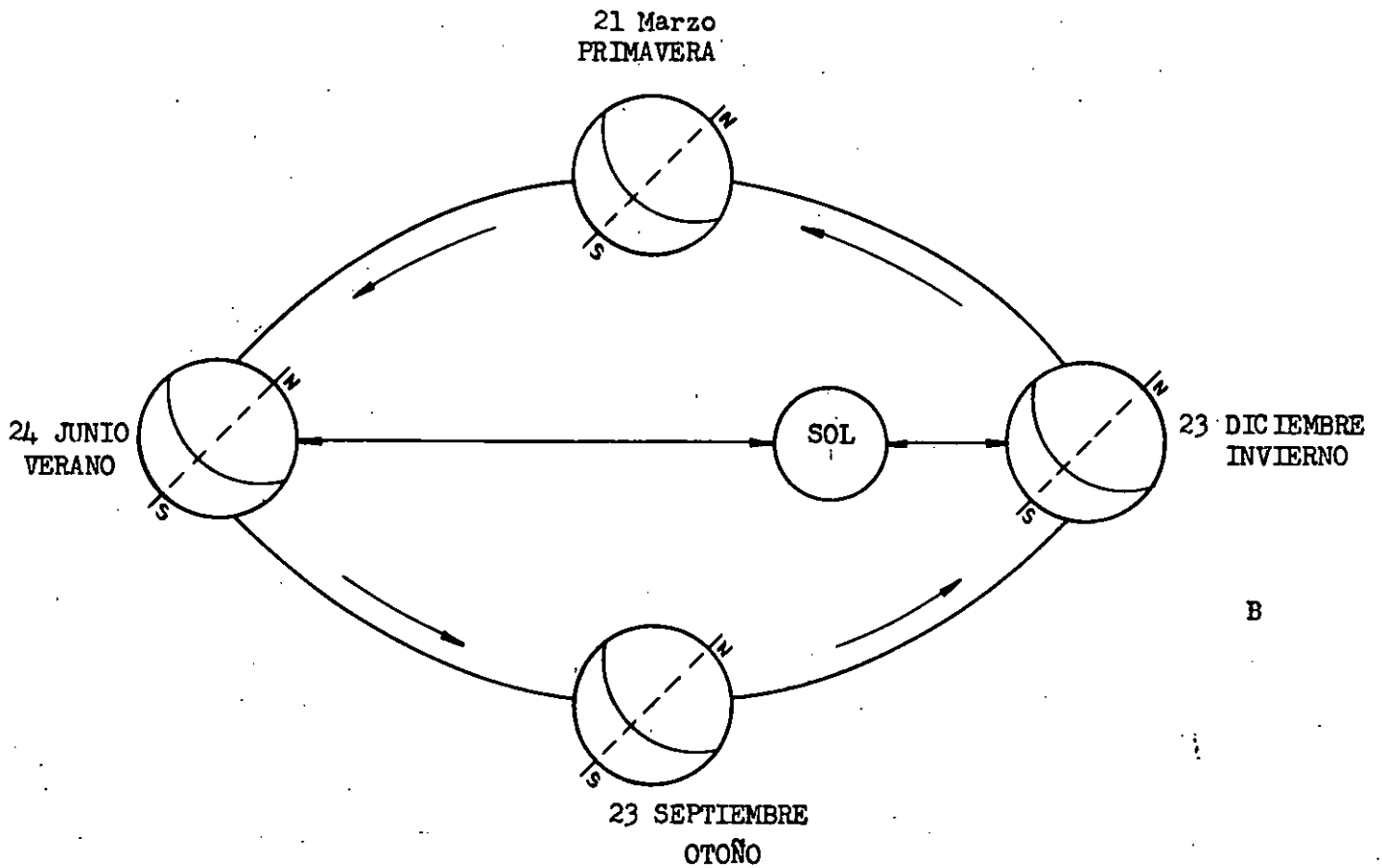


$$E. R = I_0 = 100\% = 1,94 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{mm}}$$



(A)

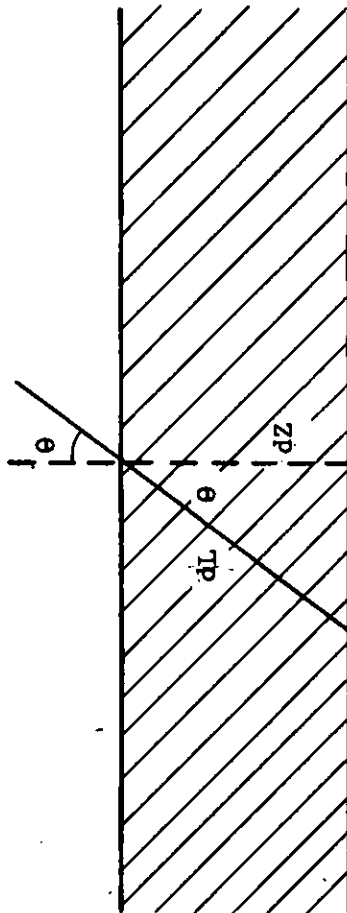
GRAFICO 4



B

ABSORCION Y DIFUSION DE RADIACION

GRAFICO 5



Ley de Beer
$$\frac{dI_{\lambda}}{I_{\lambda}} = -K_{\lambda} \cdot \delta \cdot dL$$

$$I_{\lambda} = I_{\lambda_0} \cdot e^{-k_{\lambda} \cdot \sec \theta \cdot m}$$

$$dL = \sec \theta \cdot dz$$

m = masa del medio absorbente = espesor óptico

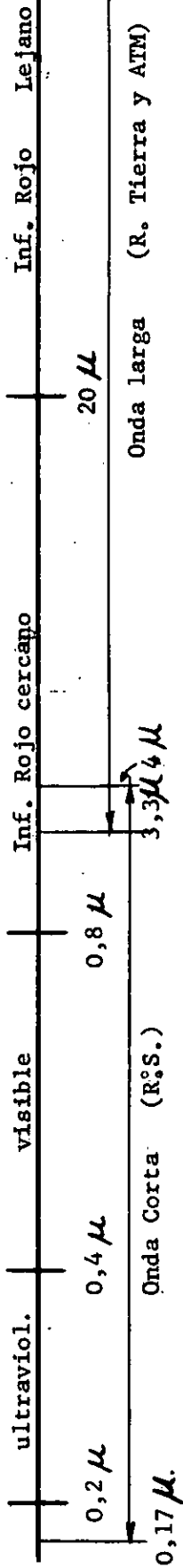
K = coeficiente de absorción

I_{λ_0} = int. inicial

I_{λ} = int. final

B

PROCESOS DE ABSORCION



R. S (O.c) = Sol - Tierra

DIRECTA

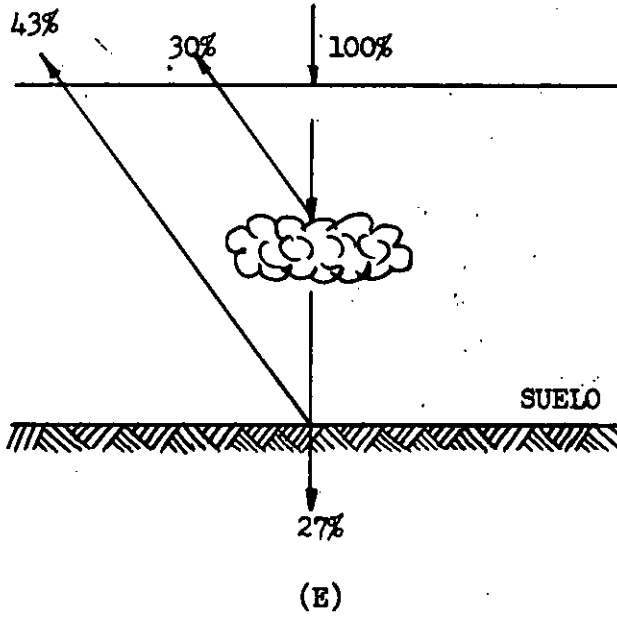


GRAFICO 9

DIFUSA

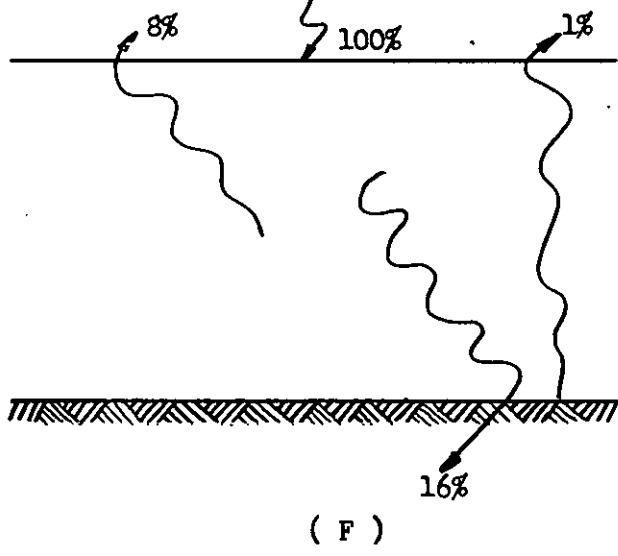
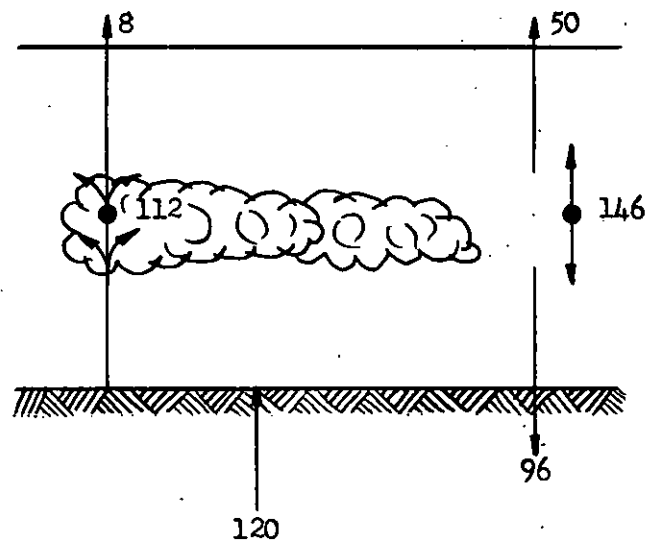


GRAFICO 9

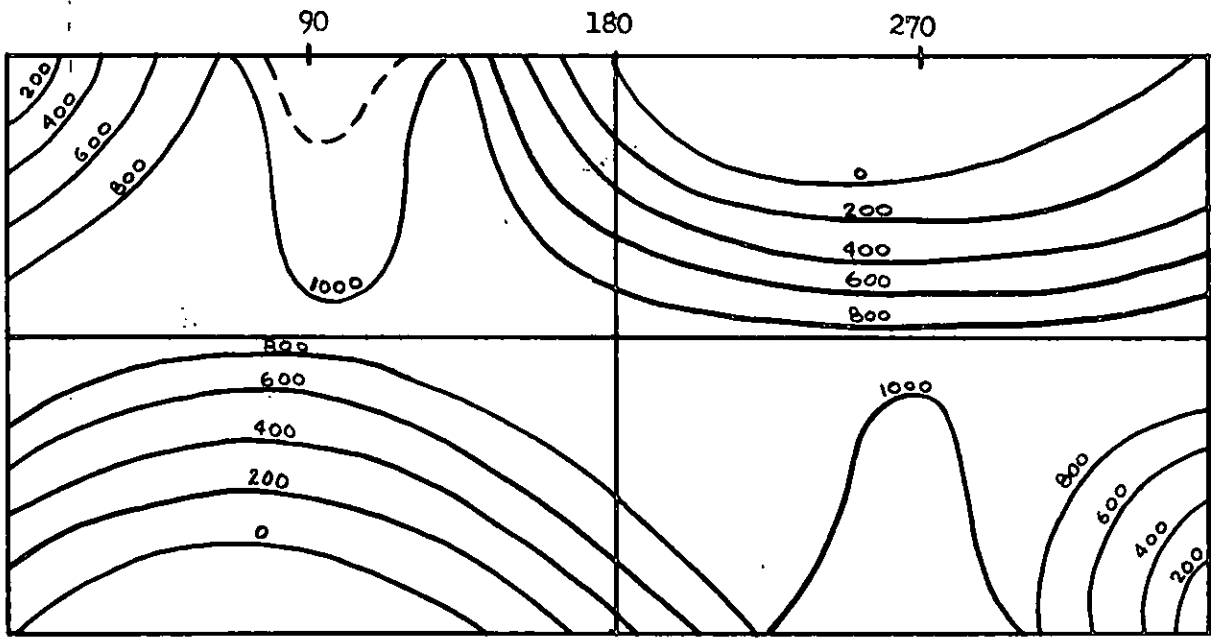
RADIACION O.L. (TIERRA - ESPACIO)



G. 9.

H N
VERANO

H N
INVIERNO

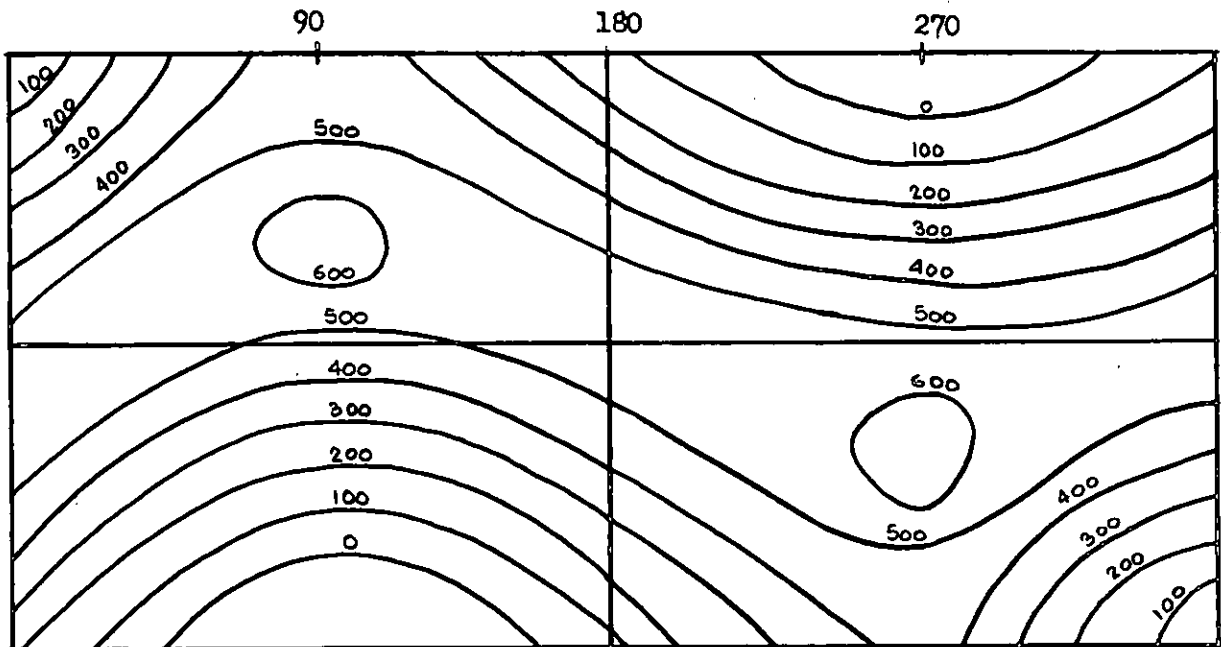


SUPERFICIE DE LA ATMOSFERA

(C)

H N
VERANO

H N
INVIERNO



SUPERFICIE DE LA TIERRA

(D)