

METEOROLOGIA

INVESTIGACION DEL MAXIMO PLUVIOMETRICO DE ESPAÑA PENINSULAR

por

AGUSTIN JANSÁ CLAR

Licenciado en Ciencias Físicas

Ayudante de Meteorología

RESUMEN

En la primera parte se exponen teorías referentes a las influencias orográficas en la precipitación, se seleccionan zonas de precipitación abundante en España Peninsular y se describe el método estadístico-climatológico utilizado en la segunda parte (homogeneización, correlación precipitación-altura, mapas de isanómalas, etc.).

En la segunda parte se investigan los valores máximos de precipitación correspondientes a nueve zonas seleccionadas. En cada una de ellas se hace una reseña geográfica y climatológica y se describe la aplicación a ella del método estadístico, así como la elaboración de los mapas correspondientes.

Por último, en una tercera parte, se entresacan, como conclusión, los lugares más lluviosos de España Peninsular y los valores de estos máximos.

SUMMARY

Theories about orographic influences on precipitation, abundant precipitation zones in Peninsular Spain and the statistical climatological method used in the Second Part (homogenization, precipitation-high correlation, isanomal charts, etc.) are exposed in the First Part.

Maximum values of precipitation in nine selected zones are evaluated in the Second Part. A geographic and climatologic note, the application of the statistical method and the elaboration of a pluviometric chart are presented for each zone.

Finally, the rainiest points in Peninsular Spain are collected in the Third Part as well as their values.

PROLOGO

Durante mucho tiempo se creyó que el máximo pluviométrico de España Peninsular debía estar en las proximidades de Santiago de Compostela, por ser ésta la estación que mayor índice de pluviosidad arrojaba. Al aumentar el número de series de datos analizadas, se pudo comprobar que Grazalema, en la sierra de su nombre, en la provincia de Cádiz, era un lugar más lluvioso, y pasó a ser considerado como el máximo pluviométrico de España. Posteriormente, para la elaboración del mapa pluviométrico de España correspondiente al treintenio 1931-60, llevada a cabo por la Sección de Climatología del S. M. N., se echó mano de todas las estaciones que habían mandado datos durante este período, procediéndose a su homogeneización por medio de una estación base de comparación. Resultó entonces que había una estación en el norte de la provincia de La Coruña, Capela, a la que correspondía una precipitación anual media superior a 3.300 mm., con lo cual el máximo pluviométrico quedaba desplazado a este punto. Sin embargo, recientemente, se decidió desechar este máximo, considerando inaplicable la homogeneización realizada, e inconsistente la serie pluviométrica de la estación base utilizada: Santiago de Compostela. (Este punto está analizado en el capítulo correspondiente.)

De nuevo nos habíamos quedado sin máximo, a no ser que volviésemos a admitir Grazalema como tal.

Actualmente se está realizando, por el Servicio Meteorológico Nacional, un nuevo mapa pluviométrico de la Península, más completo que el citado, encuadrado dentro de una gran obra de recopilación: el Atlas Climatológico Peninsular. Para la interpolación y extrapolación de datos a lugares carentes de estaciones pluviométricas se utiliza el método de correlación precipitación-altura. Las correlaciones encontradas, es decir, el aumento real de la precipitación con la altura, hicieron pensar al doctor Castaños, Jefe de la Sección de Hidrología del S. M. N. y, por lo tanto, de hecho, director del proyecto referido, que el máximo pluviométrico podría estar en algún lugar montañoso (poco explorado), con especial probabilidad en la sierra de Gredos, por su estructura topográfica y su situación con respecto a los temporales de lluvia.

El presente trabajo fue emprendido para comprobar la suposición del doctor Castaños, y al mismo tiempo evaluar los valores de precipitación en los lugares más lluviosos de España.

Ha sido realizado bajo la orientación del propio doctor Castaños, que me asesoró en cuanto a técnica y lugares en los que era interesante explorar.

La señorita Roldán, de la Sección de Climatología, me orientó respecto al problema de Capela y Santiago.

El señor Tapia, Jefe actual de la Sección de Climatología, y el señor Castañón me prestaron los mapas necesarios para el trabajo.

Los datos fueron tomados de los boletines mensuales y anuales climatológicos del S. M. N., en la Biblioteca del Centro Meteorológico de Baleares, y del Archivo Climatológico Nacional, de Madrid.

Las administrativo-calculadoras del Centro de Baleares y de la O. C. M. mecanografiaron el trabajo.

Agradezco a todos la ayuda prestada.

a) TEORIA

a-1) INTRODUCCIÓN

Como cuestión previa debemos especificar qué es lo que estamos buscando. Tratamos de localizar geográficamente la zona de mayor precipitación media total anual, en España Peninsular. La precipitación media total anual es el más importante, o uno de los más importantes, elementos climatológicos; como indica su nombre, es el promedio de la precipitación anual sobre un cierto período de tiempo. Buscamos, por lo tanto, el "sitio donde habitualmente llueve más".

Este lugar que queremos localizar normalmente no deberá coincidir con la situación exacta de ninguna estación meteorológica. Para determinar el valor de la precipitación en un lugar donde no hay pluviómetro es evidente que se necesitará conocer el valor medio de la precipitación en el mayor número posible de localidades próximas en que sí haya pluviómetro, a fin de poder aplicar algún método de interpolación o extrapolación.

Entonces lo primero que hay que hacer es acotar los lugares en que pueda llover más, y, luego, calcular el valor de la precipitación en estos lugares por medio de los datos pluviométricos de la zona que los rodea.

En realidad, a priori no podemos buscar puntos, sino precisamente zonas donde pueda haber un punto de precipitación importante, o varios de ellos.

Para seleccionar estas zonas nos hemos guiado por el siguiente criterio: por medio de la climatología conocida se pueden saber las regiones de nuestra geografía más afectadas por los temporales de lluvia (Galicia, la Cornisa Cantábrica, el sudoeste de España); dentro de estas regiones hay abundancia de accidentes orográficos que intensifican en algunos puntos la cantidad de agua precipitada en los temporales. Estos lugares montañosos (bien elegidos) de las zonas muy lluviosas, y también algunos otros puntos cuya orografía puede pensarse, es muy efectiva meteorológicamente por su especial situación o alturas muy considerables, situados en zonas menos lluviosas (Gredos, puntos de Pirineos o Sierra Nevada), serán los lugares seleccionados como zonas con probabilidad de contener un máximo importante.

a-2) TEMPORALES DE LLUVIA

Facilitado por Linés, damos un cuadro esquemático de los tipos de temporales de lluvia que nos afectan, con arreglo a la situación sinóptica o del estado del tiempo que los produce y especificando su frecuencia relativa, duración media y época en que suelen presentarse:

T I P O	SUBTIPOS	Frecuen- cias %	Duración días	Epoca
A. Atlántico.	A-1. Grandes borrascas... ..	18	8	O, I, pP
	A-2. Medio	36	8	O, I, P
B. Area peninsular...	B-1. Formados en el NW. peninsular...	8	6	O, I, P
	B-2. SW. (Cádiz)... ..	6,5	7	O, I, P
	B-3. NE. y mediterráneos	3,5	6	O, I
	B-4. Tormentas	7	3 a 6	V
C. Norte..	Sin ahondamiento.	17	3 a 4	O, I, P, V
	Con ahondamiento.			
D. Mediterráneo.		4	6	O, I

NOTA: O = otoño; I = invierno; P = primavera; V = verano; pP = principio de primavera.

Podríamos decir que los del tipo A y C son los que están asociados a las perturbaciones del frente polar. La posición media (prescindiendo de sus ondulaciones pequeñas) del frente polar puede ser *zonal*, siguiendo los paralelos; o *meridiana*, ondulándose fuertemente. Estas situaciones más bien suelen referirse a la corriente en chorro polar, cuya posición es la que da la media del frente polar, pues es difícil a veces discernir las perturbaciones pequeñas de las grandes ondulaciones en el frente polar.

En cualquiera de las situaciones aparecen sobre el frente polar los ciclones en forma de olas que avanzan a lo largo del frente (modelo de Bjerkness).

En una situación zonal, por lo tanto, los ciclones-olas o borrascas del frente polar avanzan de Oeste a Este. Son los temporales del subtipo A-2 los más frecuentes. Consisten en una sucesión de frentes cálidos y fríos, en realidad, segmentos del frente polar.

El frente cálido entra con dirección sudoeste en la cuenca atlántica peninsular, por lo que sus lluvias afectan a toda la vertiente exceptuando las zonas situadas inmediatamente al este o al norte de las montañas (en el próximo capítulo insistiremos en este punto).

El frente frío ataca desde el Oestenoroeste, afectando también a toda la ver-

iente, exceptuando ahora casi exclusivamente las regiones situadas al este de las montañas.

Supongamos ahora una situación meridiana. Da lugar a tres o cinco grandes ondas que reparten el hemisferio en una cadena de grandes anticiclones y borrascas separadas por el frente polar y sus ciclones pequeños.

Estas grandes ondulaciones avanzan hacia el Este muy lentamente, de manera que la situación, tanto de A como de B, dura alrededor de una semana. La situación de B es la que corresponde a los temporales de lluvia A-1. La situación de frentes es confusa y habría que analizar cada caso particular. En general, hay todo tipo de precipitaciones, con o sin frentes, con un predominio del ataque desde el Oeste o el Sudoeste.

Cuando la B ha pasado y está a punto de penetrar el A, queda establecido un tipo de situación norte que produce lluvias en todas las vertientes norte de las cordilleras. Ocurre lo mismo con una irrupción fría (acompañada de frente frío) que no corresponde a este esquema simplificado de la situación hemisférica.

Luego tenemos las borrascas de tipo local, por ejemplo, de tipo gota fría en la alta atmósfera (que produce lluvias de tipo inestabilidad en todas partes).

Pueden formarse en distintos lugares (B-1, B-2, B-3) y según el lugar afectar a distintas vertientes.

Es destacable la situación sudoeste que corresponde al estacionamiento de una B en el golfo de Cádiz. Puede ser una B local o de los tipos antes descritos. Muchas veces no hay frentes, pero, sobre todo si es en pleno invierno con aire frío sobre la Península, esta situación equivale a un frente cálido muy intenso estacionado sobre la vertiente atlántica con lluvias muy copiosas y persistentes en toda esta vertiente (habrá que exceptuar el norte de las montañas) debido a que se desprenden de aire cálido, con mucho contenido de humedad.

Por último, queda la situación de tormentas. Se produce periódicamente en verano con suelo muy caldeado.

Vamos a prescindir del tipo D, que sólo afecta al Mediterráneo.

Lo más destacable de esta parte es que el "mal tiempo" proviene preferentemente del Sudoeste y, luego, del Oeste y del Norte.

a-3) INFLUENCIA DE LA OROGRAFÍA EN LA PRECIPITACIÓN

Hay que distinguir dos efectos principales y otros secundarios.

a-3-1) Influencia sobre los frentes

Frente cálido: El aire cálido y húmedo se remonta sobre la pendiente suave que le presenta el aire frío, desplazándose al mismo tiempo en su avance. El aire cálido, al subir, se expande adiabáticamente al encontrar menos presión, con

lo cual se enfría, alcanzándose su saturación con la consiguiente formación de nubes y precipitación. Cuando el frente cálido encuentra un obstáculo montañoso a su paso, el aire frío no puede seguir avanzando, al ser represado por el obstáculo, con lo cual el frente queda estacionado a barlovento de la montaña. Así en toda la vertiente de barlovento la precipitación se ve incrementada. En cambio, el aire que llega a superar el obstáculo desciende por sotavento, comprimiéndose y calentándose, con lo cual se seca y da lugar a una zona sin precipitación. Posteriormente, a más distancia de las montañas se regenera el frente, al encontrarse de nuevo aire frío. Las precipitaciones vuelven a existir, aunque disminuidas, por la pérdida de agua que la montaña ha representado para el aire cálido.

Frente frío: El aire frío arrastrándose por el suelo, por ser más denso que el cálido, obliga a éste a levantarse delante de él. La ascensión del aire cálido, muy rápida, también produce precipitaciones esta vez en forma de chubascos. Cuando un frente frío encuentra un obstáculo, el aire cálido que queda entre éste y aquél tiene que subir más violentamente, lo cual intensifica los chubascos, y al mismo tiempo sufre un bloqueo mecánico que también le hace casi estacionario. A sotavento el aire vuelve a ser descendente, con la consiguiente anulación de precipitación. Y luego se vuelve a reproducir.

a-3-2) *Precipitación orográfica*

Hemos hablado anteriormente de precipitaciones sin frentes (por ejemplo, con aire frío sobre la Península y borrasca en el golfo de Cádiz). Pues bien, en las montañas es muy corriente que se produzca un tipo de precipitación sin frente que es lo que se llama precipitación orográfica o de detención. Viento procedente del océano cargado de humedad choca con una cordillera y es obligado a remontarla (a no ser que sea un pico suelto, pues en este caso, en parte, lo rodearía). Exactamente igual que en un frente cálido, esto produce un enfriamiento del aire y fenómenos de precipitación. A sotavento, desciende aire calentado y desecado. La diferencia con el aumento de precipitación frontal es que la lluvia orográfica es producida dentro de una masa homogénea de aire. Todo el fenómeno en conjunto se llama efecto Föhn.

Doporto, en un trabajo sobre el tema, llega a una fórmula para obtener la precipitación orográfica en todos los puntos de una región, a partir de ciertos datos iniciales y de contorno. El método se basa en algunas hipótesis: incompresibilidad del aire, proporcionalidad entre el volumen de agua precipitada en un lugar y la masa de la nube que llega a ese lugar.

El flujo de aire que sube a través de un prisma elemental de base unidad es vd , siendo v la velocidad vertical del aire, d su densidad. Si llamamos C a la cantidad de agua contenida en una masa unidad de aire saturado, tendremos,

como expresión para el agua que se condensa entre dos niveles separados, un dy del prisma elemental:

$$v d \frac{\delta c}{\delta y} dy$$

siendo $\frac{\delta c}{\delta y}$ la velocidad vertical de condensación del vapor de agua. Entonces, entre dos niveles y_0 , y_1 , el agua condensada será:

$$W = - \int_{y_0}^{y_1} v \rho \frac{\delta c}{\delta y} dy = v d (C_{y_0} - C_{y_1}) \quad [1]$$

donde C_{y_0} representará la cantidad de agua en aire saturado a la altura y_0 (altura de saturación) y C_{y_1} lo mismo a una altura y_1 .

W representará entonces la masa de la nube en el punto que corresponde a la altura y_1 en el supuesto de que no haya habido aún precipitación. Por la segunda hipótesis, el agua precipitada en un recorrido horizontal dx de la nube debe ser $-dW = W q dx$; integrando:

$$\ln W = -qx + \ln c, \quad \text{o sea} \quad W = c e^{-qx}$$

Para obtener la constante C de integración, calcularemos el agua precipitada desde el punto de abscisa x_1 , en que la nube tiene una masa W_0 , hasta que se agota completamente, o sea, tendremos que integrar

$$W dx = c e^{-qx} dx \text{ entre } x_1 \text{ e } \infty$$

Será:

$$W_0 = \int_{x_1}^{\infty} W dx = c \int_{x_1}^{\infty} e^{-qx} dx = \frac{c}{q} e^{-qx_1}$$

de donde

$$C = W_0 q e^{qx_1}$$

por lo tanto, el agua precipitada entre x_1 y x , en general será:

$$W(x) = W_0 q e^{q(x_1 - x)}$$

Esta expresión no tiene en cuenta que la masa de la nube entre x_1 y x ha podido aumentar (o disminuir) por la elevación (o descenso) que el terreno ha imprimido al movimiento del aire. Entonces habrá que combinarla con [1], resultando:

$$W(x) = \int_0^x d v (C_{y_0} - C_{y_1}) q e^{-q(x - x_1)} dx_1 \quad [2]$$

La integración se refiere a la formación de la nube, desde la saturación (0) hasta

el punto x , es decir, desde antes de que se produzca la precipitación; por lo tanto, a toda la vida de la nube.

Para llegar a resultados numéricos con la expresión [2] hay que acudir a las ecuaciones termodinámicas para calcular el agua que se condensa por elevación-expansión adiabática entre dos niveles y_0 e y_1 , y además determinar las constantes q de acuerdo con el terreno. Es preciso también relacionar las variables x e y , para lo cual hace falta la configuración del terreno. En el supuesto de configuración lineal y $y = ax + b$, siempre válido en primera aproximación, resulta, por fin,

$$W(x) = du \frac{a}{(1+a^2)^{1/2}} \int_{x''}^{x'} q(Ax_1 + B) e^{-q(x-x_1)} dx_1 + \\ + du \frac{a'}{(1+a'^2)^{1/2}} \int_{x''}^{x'} q(A'x_1 + B') e^{-q(x-x_1)} dx_1$$

a es la pendiente de x' , y a' la pendiente en x'' . Cabe analizar toda clase de terrenos, ascendentes, llanos o descendentes.

Doperto obtuvo la línea de precipitación orográfica correspondiente al perfil Sanlúcar-Málaga, incluyendo las serranías de Grazalema y Ronda. El resultado se adaptaba bastante bien a las observaciones, excepto que daba demasiada precipitación en los puntos aislados y poco en los valles estrechos: la lluvia orográfica reparte más suavemente que lo que dan las fórmulas, adaptándose menos al terreno. Pero en una aproximación grosera si se adapta bastante.

a-3-3) Otros efectos. Resultados

La orografía, aparte de su acción sobre los frentes y de desencadenar precipitación propia, actúa en especiales circunstancias como desencadenante de lluvias. La atmósfera puede permanecer inestable durante un tiempo indefinido, mientras no haya algo que rompa el precario equilibrio; ese algo puede ser una pequeña elevación inicial, y es muy fácil que sea la obligada por un obstáculo montañoso.

En atmósfera con "inestabilidad convectiva" (atmósfera inestable cuando empieza a producirse condensación) es completamente necesaria una elevación, a veces fuerte, que lleve a la saturación del aire, para producir los aguaceros de inestabilidad. Así las montañas de Levante desencadenan los fuertes chubascos que desbordan los ríos mediterráneos en muchos octubres.

Estos fenómenos, y los descritos en los dos apartados anteriores, llevan a la conclusión inmediata de que la precipitación debe ser más abundante en las regiones altas, montañosas, que en las bajas.

No es posible obtener la función que nos relacione la precipitación con la

altura, puesto que depende de demasiados factores y cualquiera de ellos, como el que se ha descrito de la precipitación orográfica, es demasiado complicado.

Así, en la práctica, lo que se hace es determinar la función estocástica que relaciona los dos parámetros, obtenida experimentalmente. De hecho nos conformamos con una recta de regresión precipitación-altura.

a-3) ZONAS SELECCIONADAS

Los factores que tenemos que tener en cuenta para seleccionar las zonas más lluviosas son los descritos en a-1) y a-2). Pero no vamos a desperdiciar dato tan importante como es el Mapa Pluviométrico elaborado por la sección de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional para el treintenio 1931-1960, que es la confirmación práctica de todo lo dicho hasta ahora, a gran escala.

En este mapa se observan las siguientes zonas de precipitación abundante (más de 1.500 mm.):

a) Macizo galaico, con una prolongación hacia Asturias, dentro del cual están incluidos cuatro núcleos de precipitación superior a 2.000 mm.: valle del Limia, valle del Lerez, Santiago de Compostela y valle del Eume.

A esta región le afectan de lleno los temporales de los tipos A, B-1 y B-2 (atlánticos, del Oeste, Noroeste y Sudoeste) y a su parte norte le afectan los C (Norte). De todos los atlánticos los que menos afectan son las borrascas instaladas en el golfo de Cádiz, que son los de lluvias más abundantes (aire cálido). Pero debido a su latitud son mucho más frecuentes en número los temporales de lluvias que en ninguna otra zona de España.

Hay montañas no muy altas que forman una barrera con la que necesariamente deben chocar las masas de aire lanzadas por las borrascas atlánticas, que penetran por las Rías Bajas. En estas montañas debe haber un aumento muy notable de la pluviosidad, correspondiendo los máximos del Lerez y del Limia.

Vamos a tomar estos cuatro núcleos como zonas seleccionadas.

b) Cordillera Cantábrica. Cualquier corriente del Norte se estrella contra esta Cordillera, lo mismo que los frentes fríos de las borrascas atlánticas y locales. Las situaciones se presentan con una enorme frecuencia, y aunque por ser debidas a aire frío no producen lluvias más intensas, el efecto orográfico y la persistencia del fenómeno (que se presente incluso en verano) hace pensar en precipitaciones muy estimables en las zonas más altas. Será otra zona seleccionada.

c) Pirineos. Incluyendo desde los montes vascos al valle de Ordesa. Consideraremos toda la zona, en la que puede haber máximos importantes. Las causas son parecidas a las del apartado b).

d) Sierra de Gredos. Enclavada dentro de la vertiente atlántica, afectada por los temporales de ese mar, pero dentro de la región en que la precipitación

no es muy abundante. La sierra de Gredos es, sin embargo, un desencadenante de primer orden, por lo que debe ser seleccionada.

e) Sierra de Grazalema. Núcleo montañoso poco importante, enclavado estratégicamente para intensificar las ya de por sí abundantes lluvias que proceden de los temporales del Sudoeste. En el mapa pluviométrico se dibuja también la curva de 2.000 mm. Es zona a seleccionar.

a-5) PROCESO DE DATOS

Como ya hemos indicado en a-1) y a-3), vamos a basarnos en los datos experimentales de las estaciones pluviométricas de las zonas seleccionadas, obteniendo luego la recta de regresión precipitación-altura.

Los datos básicos de las estaciones utilizadas son en muchos casos muy incompletos. Salvo muy raras excepciones, no podemos obtener el valor medio de precipitación en esos lugares para el período recomendado 1931-60, porque no tenemos los datos correspondientes a todos esos años. Tampoco, en muchas estaciones, es posible seguir un método de homogeneización dentro del citado trentenio, puesto que no tienen ningún dato dentro de él. Se considera entonces el período 1931-68, que incluye muchos más datos correspondientes a los últimos años. De todos modos sería muy fácil pasar de nuevo al período 1931-60. Pero todo este trabajo está realizado para el intervalo 1931-68.

a-5-1) Homogeneización

Vamos a ir describiendo el proceso de cálculo apoyándonos, como ejemplo, en las estaciones de Grazalema.

Hay estaciones, como Grazalema, que tienen datos para casi todos los años del período elegido. Faltan datos en diversos meses aislados (por ejemplo: mayo de 1942, falta) que hacen imposible tener el dato anual correspondiente. La experiencia demuestra en climatología que un dato aislado que falta se puede sustituir por la *media geométrica* aproximada de los datos correspondientes al año anterior y siguiente. Mayo de 1941, 149,4 mm.; mayo de 1943, 53,4 mm. Tomamos para mayo de 1942, 90 mm. Así se pueden completar todas las lagunas sin error apreciable en la media.

Continuemos con las estaciones casi completas. En general se podrá pensar que la serie de datos correspondientes a una estación es una serie estadísticamente homogénea. Pero puede haber razones que hagan pensar en un cambio de emplazamiento de la estación, por ejemplo, lo cual haría incomparables los datos correspondientes a antes y después del cambio.

En Grazalema hay actualmente una estación situada a 823 metros de altitud.

En los anuarios climatológicos de los años 1932 al 35 consta para Grazalema (para una estación con el mismo nombre) una altitud de 1.100 metros. ¿Es un error o hubo un cambio de emplazamiento?, o, dicho de otro modo, la serie ¿es o no homogénea? Para comprobarlo existen varios métodos, entre ellos el llamado de las *dobles masas*. El método de las dobles masas exige tomar como base de comparación un grupo de estaciones cuyas series se sepan homogéneas y hacer la siguiente construcción: formar una serie acumulada de los datos correspondientes de la base, del modo siguiente: el primer término es el dato correspondiente al último año común; el segundo, la suma de los años último y penúltimo, y así sucesivamente. Se hace análogamente con la serie problema. Entonces se representan en abscisas los valores correspondientes a la serie acumulada base, y en ordenadas, la serie acumulada problema. Según la experiencia, la precipitación en dos lugares meteorológicamente análogos se mantiene proporcional, de manera que si la serie problema es homogénea, cumpliéndose que esté situada análogamente que las de la base, en el diagrama descrito obtendríamos una recta para los puntos precipitación problema-precipitación base; pero si ha habido un cambio de estación o algo parecido, no se tendrá una recta, sino dos, una para antes y otra para después del cambio. El punto anguloso correspondería al año del cambio. Si lo que ocurre es que la base no está bien elegida, no se obtendrá ni una ni varias rectas, sino una curva cualquiera.

En Grazalema hemos tomado como base una sola estación: Cadiz-San Fernando. Aparece un punto anguloso entre los años 1936 y 37 (ver gráfico núm. 1). En esta fecha debió ocurrir el cambio de estación sospechado.

Entonces, para obtener los datos correspondientes a los años 1931 al 36 (que deben corregirse) hay que sustituir los datos originales por los que corresponden según la recta que relaciona Grazalema con Cádiz después del cambio. Así homogeneizada Grazalema arroja una media para el período de 1931-68, de 2.127,3 mm. anuales.

a-5-2) Método de la razón

Tomemos ahora una estación incompleta en la misma zona: Benaocaz. Sólo tiene cinco datos anuales; pero en otros años sólo falta algún mes. Con algunos meses que quedan aislados entre datos mensuales conocidos se aplica el método de la media geométrica aproximada. Con otros que quedan fuera, como, por ejemplo, enero de 1955, se calcula aproximadamente el valor que deben tener del modo siguiente: la razón entre los cinco datos anuales de Benaocaz y los cinco correspondientes de Grazalema es, como media, 0,80. Entonces, según la hipótesis, basada en la experiencia, de la constancia de la razón, la precipitación en enero de 1955 en Benaocaz debe ser $0,80 \times 640,6$, siendo 640,6, la precipitación en Grazalema en el mismo mes; resultaría 512,5 (aunque tenemos anota-

do 485,2, porque la razón que utilizamos para nuestro cálculo la obtuvimos con todos los datos mensuales comunes, no sólo con los cinco años completos, y el valor resulta algo inferior, aunque no debiera). Por este camino se pueden com-

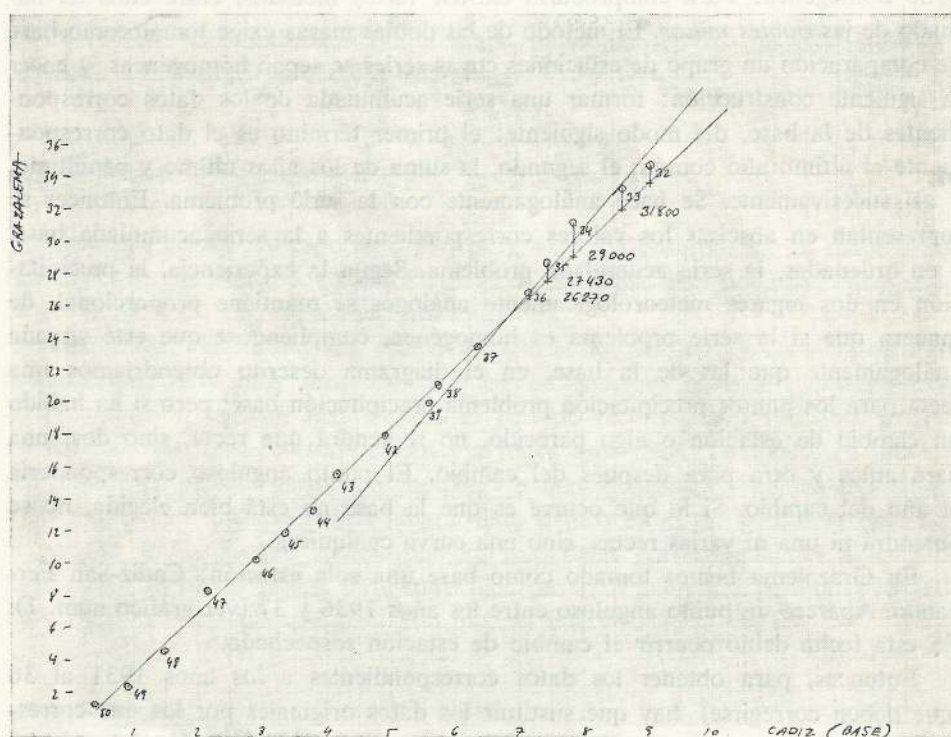


Gráfico núm. 1.—Homogeneización de Grazalema. Dobles masas (Grazalema-Cádiz).
(Metros de precipitación.)

pletar, aunque solo aproximadamente, los años que no lo están. En Benaocaz hemos completado así quince años.

Se suman luego los valores de precipitación para los quince años comunes, tanto en una estación, como en la otra (en general, los datos correspondientes que sean), y se obtiene la razón r/r' , donde r será la suma para la estación problema (Benaocaz), y r' , para la base, Grazalema. En nuestro caso resulta: $r/r' = 0,762$. Entonces, por la hipótesis de conservación de la razón, la precipitación media en el período 1931-68 en Benaocaz (estación problema) será:

$$R = R' r/r'$$

siendo R' la precipitación media en Grazalema en el mismo período, resulta:

$$R = 2.127,3 \times 0,762 = 1.615,1 \text{ mm.}$$

En realidad, no hay necesidad de obtener r y r' para años completos comunes; de hecho pueden tomarse todos los meses comunes (si no se reducen a una determinada época del año), de manera que influyan todas las situaciones meteorológicas. Entonces no es necesario calcular los valores que hay que asignar a los valores mensuales que faltan: basta prescindir de ellos. Se ha seguido uno u otro métodos, según las conveniencias y necesidades.

Aquí queda planteado un problema. Para homogeneizar una estación por este sistema es imprescindible que la estación que nos sirve como base esté situada meteorológicamente semejante a ella, pues de lo contrario fallaría la conservación de la razón. Para homogeneizar hay que buscar la estación adecuada. Hay varias posibilidades:

Analizar la posición geográfica de las dos estaciones, con arreglo a las condiciones meteorológicas locales. En la zona de Grazalema hay que prestar atención a la dirección: sudoeste, por donde "entran las lluvias". Pues bien, Benaocaz está en la vertiente sudoeste del macizo de Grazalema, y Grazalema en lo alto de un collado orientado a la misma dirección: deben ser homogéneas meteorológicamente.

Otra posibilidad es calcular el coeficiente de correlación entre los datos comunes de las dos estaciones, y así confirmar o no prácticamente la constancia de la proporcionalidad. O bien, sin llegar a calcular el coeficiente, observar "a simple vista" la correlación entre las dos series.

En la Sección de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional un método que se utiliza es el siguiente: se ha representado gráficamente la variación con el tiempo de la precipitación en las estaciones más o menos fundamentales. se hace lo mismo con las estaciones que se quieren homogeneizar, y se comparan sus gráficas con los "modelos". El modelo que da mayor paralelismo es el que se toma como base. Esta última manera es inaplicable para nosotros, pues en nuestro caso es imposible disponer de una serie diversificada de modelos.

Por último, también se podría comprobar la homogeneidad meteorológica entre las dos estaciones por el método de las dobles masas, y aplicándolo estrictamente, no con una estación con una base extensa, sería el mejor método de homogeneización, recomendado por la O. M. M., pero con una cantidad ingente de trabajo.

a-5-3) Error individual

Es posible obtener para el valor homogeneizado o directo de cada estación el error más probable en la evaluación de su precipitación.

Para estaciones con los datos completos (Grazalema) bastaría con obtener el error cuadrático medio de su serie y luego obtener el error a un nivel de confianza prefijado por medio de una tabla de función de Gauss.

Año	p_i	$ \bar{p} - p_i $	$(\bar{p} - p_i)^2$	Año	p_i	$ \bar{p} - p_i $	$(\bar{p} - p_i)^2$
1931	1709,0	448,3	574724	1951	3237,1	1109,8	1232100
1932	1850,0	277,3	76729	1952	1646,8	480,5	231361
1933	2800,0	672,7	452929	1953	920,8	1206,5	1456849
1934	1570,0	557,3	310249	1954	1545,6	581,7	338724
1935	1160,0	964,3	935089	1955	2795,2	667,9	466224
1936	2870,0	742,7	552049	1956	1890,3	237,0	56169
1937	2325,8	188,5	35344	1957	2102,0	35,3	625
1938	1214,0	913,3	833639	1958	1376,4	750,9	564001
1939	2112,1	15,2	225	1959	1569,1	558,2	311364
1940	2424,9	297,6	88804	1960	3645,4	1518,1	2304324
1941	4020,3	1893,0	3583449	1961	2267,2	139,9	19600
1942	2294,7	166,7	227889	1962	2333,0	205,7	42436
1943	2173,7	46,4	2116	1963	4351,8	2224,5	4946176
1944	1436,4	699,9	477481	1964	1927,8	199,5	40000
1945	1544,8	582,5	338724	1965	2020,4	106,9	11449
1946	2013,7	113,6	12996	1966	2404,2	276,7	76720
1947	3685,4	1738,1	3020644	1967	1392,5	734,8	540225
1948	2185,0	57,7	3364	1968	1599,9	527,4	277729
1949	1087,9	1039,4	1079521	1969			
1950	1306,7	820,6	674041	Suma...	...	...	28133134

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{p} - p_i)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{28133134}{38 \times 37}} = 141 \text{ mm.}$$

Este es el error normal o estándar, que corresponde a una confianza del 67 por 100.

Según la tabla de función de Gauss, para una confianza de un 90 por 100 hay que multiplicar el error estándar por 1,65. Error al 90 por 100 = 1,65 σ = 233 mm.

También hay fórmulas para calcular el error estándar o a un nivel de confianza cualquiera) para los valores de precipitación en estaciones homogeneizadas por el método de la razón, es decir, sin una serie completa de datos. El fundamento estriba precisamente en la poca exactitud de la hipótesis de constancia de la razón. Incluso en el caso de la más perfecta semejanza meteorológica entre dos estaciones, la razón entre las precipitaciones de cada año varía de una manera aleatoria; esta variación imprevisible obliga a pensar en un error de la precipitación calculada en base a la constancia. Es muy aceptable que el error estándar debe responder a una fórmula parecida a la del error estándar de una serie estadística cualquiera.

Llamemos a las precipitaciones anuales en la estación incompleta (Benaocaz) a y b a las correspondientes en la estación base (Grazalema). Si $\lambda = a/b$ fuese constante, $a = \lambda b$, tomando ahora como λ el valor medio, o sea: $\lambda = r/r' =$

$= \Sigma a / \Sigma b$, sería siempre nulo. Su valor absoluto es entonces el que da idea del error en R.

Tomemos el caso de Benaocaz:

Año	<i>a</i>	<i>b</i>	λb	$a - \lambda b$	$(a - \lambda b)$
1946	1264,7	2013,7	1530,4	265,7	700790
1950	682,4	1306,7	993,3	310,9	96980
1952	1093,2	1646,8	1251,7	158,7	25290
1955	1906,9	2795,2	1224,2	682,7	466700
1956	1309,9	1890,2	1436,4	126,5	16410
1957	1472,8	2102,0	1597,5	124,7	16410
1958	1531,6	1376,4	1045,8	485,4	236200
1959	1429,4	1569,1	1192,4	237,0	56100
1960	2409,3	3645,4	2770,2	360,9	130300
1961	1263,8	2267,2	1722,9	459,1	210900
1962	1722,9	2333,0	1773,1	50,2	2500
1963	3076,8	4351,8	3307,5	230,7	53330
1964	2123,6	1927,8	1465,3	658,3	432500
1965	2239,4	2020,4	1535,2	704,2	495500
1968	1529,4	1599,9	1216,0	307,4	94190
Suma ...					2404830

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a - \lambda b)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{2404830}{15 \times 14}} = 107 \text{ mm.}$$

Error para una confianza del 90 por 100 = $1,65 \sigma = 177 \text{ mm.}$

Se pueden sacar algunas conclusiones de estos dos ejemplos. El método de la razón no introduce errores muy grandes cuando la estación base está bien elegida. Los errores individuales son bastante grandes (del orden de un 5 a un 10 por 100 en los ejemplos), lo cual indica un hecho conocido: la precipitación es un elemento climatológico muy variable y su media no queda estabilizada ni en el largo período de treinta o treinta y ocho años. Este período no puede ampliarse más porque ya podrían influir las posibles variaciones seculares del clima.

Sin embargo, no tenemos más remedio que dar por válidos y representativos los valores asignados a la precipitación media u homogeneizada de una estación. Más adelante veremos que en el proceso de datos completo, para llegar a un valor de máxima, introduciremos mayores fuentes de error, pero luego el método de anomalías nos disminuirá el error en una proporción difícil de precisar. No vamos a calcular errores individuales, aunque viendo la variación de λ , por simple comparación de series o por cálculo del coeficiente de correlación entre a y b , podremos decir algo cualitativo sobre la mucha o poca confianza del valor asignado a una estación.

a-5-4) Función precipitación-altura

Ya hemos dicho en a-3) que para obtener esta función nos vamos a limitar a un cálculo estadístico, ante la imposibilidad práctica de una elaboración teórica. Nos limitamos al ajuste de una recta de regresión, pues normalmente no hay datos para el ajuste de una curva de orden superior. Además no tiene tampoco mucho sentido.

El método es el clásico de obtención de una recta de regresión, según la fórmula:

$$p = \bar{p} + \frac{\sum (\bar{p} - p_i) (\bar{h} - h_i)}{\sum (\bar{h} - h_i)^2} (h - \bar{h})$$

Las abscisas serán las alturas $x = h$; las ordenadas son las precipitaciones $y = p$.

Una vez más se puede determinar el error, o mejor dicho las bandas de error, de la recta de regresión, de manera que se pueda conocer el margen de confianza con que se puede calcular la precipitación que corresponde a una cierta altura.

Vamos a escribir así la recta de regresión:

$$p = a + b (h - \bar{h}).$$

Hay dos fuentes de error. La dispersión vertical de la nube de puntos en el diagrama p, h , que equivale a dudar sobre la buena elección del coeficiente a , es decir, de la precipitación media de la nube. En una nube muy dispersa verticalmente puede pensarse que de haber más o menos datos la precipitación media fuese mayor o menor. Como medida de la dispersión de una nube volvemos a tener que usar una fórmula tipo desviación o error estándar. Adoptará la forma:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum A^2}{N^2}}$$

A representa la "anomalía" de cada punto, es decir, la diferencia entre el valor observado (o mejor dicho, calculado y homogeneizado) de la precipitación en un punto, y el que le correspondería según la recta de regresión, es decir, según su altura. Es por lo tanto la medida de la dispersión del punto. Sería siempre nula si todos los puntos se concentrasen en la recta de regresión.

El error de a da lugar a una banda paralela de error. Es decir, un error independiente de la altura.

Si la nube está dispersa, también puede pensarse que cualquiera de las magnitudes usadas en el cálculo de

$$b = \frac{\sum (\bar{h} - h) (\bar{p} - p)}{\sum (\bar{h} - h)^2}$$

y, por lo tanto, b mismo tomase otro valor al incluir datos nuevos, etc. Para el error estándar de b se puede utilizar la fórmula

$$\sigma_b = (b) \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{r}\right)^2 - 1}{N - 2}}$$

r representa el coeficiente de correlación entre p y h . Como es natural, cuanto mayor sea el coeficiente de correlación más se acerca la nube de puntos a la recta de regresión y, por lo tanto, menos error deben asignarse a la pendiente de la recta ajustada, que es en definitiva lo que representa b .

Con el error de b obtendremos una banda de error angular, que se supondrá nulo en el centro de la nube de puntos ($\bar{h}$, $\bar{p}$) e irá aumentando con la altura. Así el error al extrapolar, calculando el valor de una precipitación a una altura superior a la de todas las estaciones base de la zona, puede ser muy alto. Remitimos al ejemplo de Grazalema, desarrollado en la parte b).

a-5-5) Método de anomalías

Al no existir una relación funcional propiamente dicha entre la altura y la precipitación, es natural que haya una separación entre el dato pluviométrico dado por una estación determinada y el valor que debería corresponderle si se ajustase a la recta de regresión obtenida para la zona. La diferencia entre precipitación observada (llamaremos así al valor experimental, debidamente homogeneizado) y calculada (la obtenida por medio de la recta de regresión) es lo que llamamos anomalía.

Si la distribución de precipitación con la altura fuese una relación sólo estadística, resultaría que las anomalías estarían distribuidas al azar sobre la geografía de la zona. Pero no ocurre así. Realmente, la distribución de anomalías responde a unos principios que nos llevan de nuevo a la relación funcional. Ya dijimos que, de hecho, sí hay una relación funcional entre las dos variables; lo que ocurre es que es demasiado complicada. Y eso se advierte en la distribución de anomalías.

Entramos ahora en un terreno peligroso. Jugamos al mismo tiempo con el dato experimental y el razonamiento teórico, utilizando para ligarlos solamente la intuición.

Sobre un mapa topográfico de la zona representamos las estaciones usadas, y junto a cada una de ellas anotamos la anomalía que corresponde. Así tenemos un mapa de distribución de anomalías.

Podríamos obrar como lo haría el experimental: dibujar un mapa de isanómalas, a ciegas, con sólo las anotaciones antedichas; del mismo modo como se puede dibujar un mapa de isobaras con la presión de las estaciones sinópticas.

Por otra parte, en *a-3*) hemos hablado ya bastante de cómo influyen las montañas en la precipitación, y de ahí podríamos deducir (no rigurosamente) varias cosas sobre la distribución de anomalías.

Una vertiente de barlovento de los vientos lluviosos debe tener más precipitación que la vertiente de sotavento, donde veíamos que el aire se deseca por calentamiento adiabático. Entonces resulta evidente que ya en una cordillera simple (ladera de sotavento y barlovento) fallará la aproximación que mediante el método estadístico-experimental venimos describiendo: el ajuste de una recta de regresión. Una función lineal nos daría la misma precipitación a la misma altura en las dos vertientes. Entonces, lo que va a ocurrir es que en las estaciones de barlovento nos aparecerá anomalía positiva, y en la de sotavento, negativa.

Ni la distribución de anomalía positiva a barlovento ni la de la negativa a sotavento pueden ser uniformes. Habría que estudiar modelos teóricos simplificados para aplicar conjuntamente las fórmulas de precipitación orográfica y las consideraciones sobre intensificación de los frentes y de inestabilidad; otra complicación surgiría de que la dirección que asignamos para la penetración de los frentes y demás masas nubosas (la dirección de los vientos llovedores) es una simplificación estadística de acuerdo con los temporales de lluvia que afectan a la región considerada (*a-2*). Pero hay un par de cosas evidentes: la anomalía negativa a sotavento (según la dirección predominante) ha de ir disminuyendo a medida que nos alejamos de las crestas, porque sabemos que a cierta distancia de la montaña ha desaparecido el efecto orográfico. Lo mismo podemos decir de la anomalía positiva. (De todos modos, el máximo debe incluir ambos lados de la cresta, de manera que, inmediatamente rebasada ésta, tenemos una disminución muy rápida de la anomalía, y luego se va recuperando lentamente.)

Una cresta que sea una barrera clara para los vientos húmedos dominantes debe ser un máximo de anomalía positiva; el fondo de un valle de proporciones regulares debe ser un máximo de anomalía negativa; etc.

Tenemos entonces que a priori podemos decir muchas cosas de la distribución de anomalías. ¿Cómo enlazaremos con lo experimental?

El mapa de anomalías, sin dibujar aún las líneas isanómalas, nos puede servir para confirmar la dirección predominante de los vientos lluviosos; nos sirve también como base numérica para aplicar los principios enunciados más arriba. En la aplicación de estos principios es donde va a intervenir la "intuición" (el sentido físico).

Se comprende que el mapa de anomalías es un gran auxilio para destruir, en parte, el error de la simplificación de linealización efectuada al ajustar la recta de regresión. ¿Tiene entonces mucho sentido evaluar el error de la recta

de regresión? Creemos que no. El error realmente se disminuye utilizando el mapa de anomalías. Pero no sabemos en qué proporción, ya que introducimos la inexactitud de la intuición.

a-5-6) *Mapa de isoyetas. Evaluación del máximo*

Tenemos para cada zona seleccionada un mapa de isanómalas. Tenemos la recta de regresión ajustada a la zona. Entonces en cada punto del mapa topográfico, sabemos la precipitación: es la que corresponde a su altura según la recta de regresión, sumando la anomalía correspondiente a ese punto, con su signo. Podemos entonces trazar un mapa de isoyetas. El máximo de la zona aparecerá por sí mismo en el mapa, y el trabajo está terminado. Nos es posible dar el error probable que tiene. A veces es conveniente evaluar el máximo, aparte, de acuerdo con su localización probable, altura y anomalía correspondientes.

En algunas zonas no hemos trazado mapa y nos hemos limitado a una evaluación simplificada.

b) PRACTICA

b-1) ZONA DE GRAZALEMA

b-1-1) *Reseña geográfica. Situación de las estaciones*

La zona que estudiamos comprende la sierra de Grazalema y las cabeceras de los ríos el Bosque (afluente del Guadalete), Tavizna, Ubrique (afluentes del Bosque) y Guadalete. Es un terreno que se eleva bruscamente sobre la llanura. La sierra de Grazalema está constiuida por dos macizos que alcanzan 1.600 (el norte) y 1.400 metros (el sur), enlazados por un puerto de montaña a 1.100 metros. En conjunto tiene una dirección Norte-Sur, dividiendo la zona en vertiente oeste y vertiente este. Los ríos Bosque, Tavizna y Ubrique nacen en la vertiente oeste, y el Guadalete en la este. Los tres valles del Oeste están separados por cadenas bajas (800 metros) de dirección Oeste-Este. Toda la zona está enclavada en el Sistema Penibético, divisoria de las cuencas del Gadalquivir y Mediterráneo Sur, siendo la primera sierra alta de la cordillera desde el estrecho de Gibraltar. El terreno pertenece por entero a la provincia de Cádiz, aunque cerca del límite con Málaga.

Por el Sur, el Este y el Nordeste el terreno ya no baja mucho, accidentado por la cordillera Penibética. Pero está completamente abierto, al Sudoeste, hacia

el golfo de Cádiz. En esta zona están enclavadas cinco estaciones pluviométricas, que son:

N.º (1)	NOMBRE	Cuenca (2)	Long. (3)	Lat.	Altura
911	Grazalema.	502	1.41	36.46	420
939	Benamahoma... ..	502.05	1.47	36.45	287
940	El Bosque... ..	502.05	1.49	36.42	793
944	Benaocaz... ..	502.05.01	1.44	36.41	339
945	Ubrique "A"... ..	502.05.01	1.45	36.45	823

Como ampliación, diremos que Grazalema está situada en la vertiente este, a muy pocos kilómetros del collado de la sierra. Benamahoma y El Bosque, en el valle del Bosque; la primera en la cabecera y la segunda algo más abajo. Por último, Benaocaz y Ubrique están localizadas análogamente que las anteriores, pero respecto al río Ubrique. Las cuatro últimas son, por lo tanto, de la vertiente oeste, pero a distancia considerablemente mayor de las cumbres de Grazalema.

También tenemos en la zona cuatro pluviómetros totalizadores, que son:

N.º (1)	N.º (4)	NOMBRES	Cuenca	Long. (3)	Lat.	Altura
425 a	7	Grazalema... .. Cerro de San Cristóbal	Guadalete...	1.41	36.47	1362
425	36	Grazalema... .. Los Alcornocales	Guadalete...	1.36	36.46	810
435	35	Benaocaz Puerto de la Cruz	Cuadalete...	1.45	36.42	605
435 a	57	Benaocaz Haza del Calvario	Guadalete...	1.44	36.41	780

b-1-2) Condiciones meteorológicas

No le afectan todos los temporales atlánticos, ya que es frecuente (por lo menos en otoño y primavera) que discurran a una latitud media más alta. Los temporales del Norte no le afectan en absoluto, porque las cordilleras que tienen que cruzar al atravesar la Península los dejan inactivos. Los que sí afectan, y más que en ninguna otra zona del país, son las borrascas que nacen o se estacionan en el golfo de Cádiz, y las borrascas atlánticas de latitud baja. Vienen a

(1) Sección de Climatología. S. M. N.

(2) Clasificación decimal de los ríos españoles.

(3) Referida al meridiano de Madrid.

(4) Para el Centro Meteorológico del Guadalquivir.

ser el 30 por 100 de los temporales de lluvia comprendiendo parte de los A-1, los A-2 y los B-2; las tormentas tienen poca importancia según se desprende de la casi anulación de las lluvias en verano. Son de duración prolongada, y de lluvias copiosas, por ser borrascas de aire cálido. La dirección predominante de penetración de los vientos húmedos es prácticamente el Sudoeste (borrascas sin frentes, frentes cálidos...). Es entonces casi perpendicular al eje de la sierra de Grazalema y demás cadenas adyacentes del Penibético. El efecto orográfico de detención de aire húmedo y de frentes debe ser muy destacable.

a-1-3).

Para las estaciones pluviométricas tenemos:

Grazalema: treinta y un años completos y siete años incompletos, dentro del período 1931-1968.

Benamahoma: dos años completos y catorce años incompletos.

El Bosque: siete años completos y veintidós incompletos.

Benaocaz: seis años completos y dieciséis incompletos.

Ubrique "A": ocho años completos y diecinueve incompletos.

Para los pluviómetros totalizadores tenemos un total de dieciséis lecturas de uno o más años.

b-1-4) Homogeneización

Grazalema:

Como se explica en a-5-1), vamos a aplicar el método de dobles masas. Base: Cádiz-San Fernando. Tomamos el período comprendido entre 1931 y 1949, con tres lagunas.

Representación en el gráfico número 1.

Se observa el posible cambio de estación entre los años 1936 y 37. Por medio del gráfico ajustemos los valores para los años anteriores al cambio.

Suma período 1931-68 (homogeneizada): 80.830,8 mm.

Media homogeneizada: 2.127,3 mm.

Benamahoma:

Homogeneizaremos su serie incompleta, por el método de la razón, con Grazalema. Las condiciones meteorológicas deben ser muy parecidas, porque a todas las estaciones de esta zona deben afectarles los mismos temporales.

Media homogeneizadas: 1.072,5 mm.

El Bosque:

Media homogeneizada: 766,4 mm.

Benaocaz:

Media homogeneizada: 1.615,1 mm.

Ubrique "A":

Media homogeneizada: 1.104,2 mm.

Totalizadores:

Se sabe que los pluviómetros totalizadores de montaña (en los que se viene a hacer una lectura anual) los errores por pérdidas son muy considerables, a pesar de que una capa de aceite modera la evaporación, entre otras precauciones. Se estima que el error mínimo es de un 20 por 100.

Por hipótesis, admitimos que los totalizadores de Benaocaz 435 a — 57 y Grazaalema 425 — 36 deben dar los mismos valores que Benaocaz (estación) y Grazaalema (estación), respectivamente, por tener una situación muy parecida; a fin de obtener el coeficiente de error aplicable a los otros totalizadores. Razón, r/r' , para:

Benaocaz 425 a — 57: Benaocaz estación = 0,82.

Grazaalema 425 — 36: Grazaalema estación = 0,54.

De donde, totalizador: estación = 0,68 (promedio).

Datos corregidos de los otros totalizadores, según $R = R' \cdot r/r'$,

425 a — 7	Primer período	712	950
	Segundo período	1540	2200
	Cuarto período	630	900
435 — 35	Primer período	2205	
	Tercer período	945	
	Cuarto período	1225	

La última columna del 425 a se ha obtenido aplicando la razón 0,50, en lugar de 0,68, por estimarse que los valores que se obtienen con el 0,68 son demasiado bajos; con muy poco fundamento, de todos modos.

Para la homogeneización nos servimos de Grazaalema estación, por el método de la razón.

Grazaalema 425 a — 7

$r = 950; 2200; 900.$ $r' = 1531,6; 3959; 1029.$

$r/r' = 0,62; 0,55; 0,87.$

Valor medio de $r/r' = 0,68$. Entonces:

$$R = R' \cdot r/r' = 2127,3 \times 0,68 = 1.450 \text{ mm.}$$

Benaocaz 435 — 35

$$r = 2205; 945; 1225. \quad r' = 2748,6; 1029,0; 1515,5.$$

$$r/r' = 0,80; 0,91; 0,80.$$

Valor medio de $r/r' = 0,83$. Entonces:

$$R = R' \cdot r/r' = 2127,3 \times 0,83 = 1.780 \text{ mm.}$$

La gran oscilación r/r' en Grazalema 425 a — 7 hace completamente inaprovechable este dato. Y aunque la razón en Benaocaz 435 — 35 se mantenga bastante constante, tampoco deseamos servirnos del valor calculado, pues es posible que tenga un error de hasta un 40 ó 50 por 100 (podríamos haber corregido sus datos dividiendo por 0,80 o por 0,50, en lugar de hacerlo por 0,68. Realmente es un dato demasiado inseguro).

En resumen, rechazamos los totalizadores. Afortunadamente, las cinco estaciones de que disponemos están bastante estratégicamente situadas para ser suficientes.

b-1-5) Regresión precipitación-altura

Obtenemos aquí la recta de regresión, que es lo que nos interesa para evaluar el máximo, y el coeficiente de correlación y las anomalías, para determinar las bandas de error.

NOMBRES	h_i	p_i	$\bar{h}_i - h_i$	$\bar{p}_i - p_i$	$(\bar{h}_i - h_i)^2$	$(\bar{p}_i - p_i)^2$	$(h_i - \bar{h}_i)(p_i - \bar{p}_i)$
Grazalema	823	2127,3	— 291	— 791	84720	625200	230100
Benaocaz.	793	1515,1	— 261	— 279	66530	77800	72780
Ubrique "A".	337	1104,2	195	232	38020	53830	45290
Benamahoma.	420	1072,5	112	264	12560	69660	29580
El Bosque	287	766,4	245	570	59980	325100	139600
Suma... ..	2660	6682,0			261810	1151590	537350
Media... ..	532	1336,0					

Coefficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum (h_i - \bar{h})(p_i - \bar{p})}{\sqrt{\sum (\bar{p} - p_i)^2 \sum (\bar{h} - h_i)^2}} = \frac{537350}{\sqrt{1151590 \times 261810}} = 0,97$$

Valor muy significativo, aunque hay que tener en cuenta que se parte sólo de cinco estaciones. Se puede ajustar una recta de regresión.

Recta de regresión:

$$p = \bar{p} + \frac{\sum (\bar{h} - h_i)(\bar{p} - p_i)}{\sum (\bar{h} - h_i)^2} (h - \bar{h}) = 1336 + 2.051 (h - 532)$$

Precipitaciones calculadas y anomalías:

N O M B R E	p. obs.	h	p. calc.	a = p. obs. — — p. calc.	a ²
Grazalema... ..	2127,3	823	1933,0	194,7	38020
Benaocaz	1615,1	793	1871,0	— 255,9	55460
Benamahoma.	1072,5	420	1094,0	— 21,5	465
Ubrique "A"	1104,2	337	936,0	168,2	28250
El Bosque... ..	766,4	287	834,0	— 67,6	4227
Suma					136419
Tot. 425 a 7	1450,0	1352	3017,0	— 1567,0	
Tot. 435 35..	1780,0	605	1486,0	294,0	

Bandas de error:

$$p = a + b (h - \bar{h})$$

Error de a; desviación tipo,

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n^2}} = \sqrt{\frac{136419}{25}} = 74$$

error al 90 por 100 de confianza = $1,65 \times 74 = \dots$

Error de b; desviación tipo,

$$\sigma_b = |b| \sqrt{\frac{(1/r)^2 - 1}{n - 2}} = 2,051 \sqrt{0,02} = 0,287$$

error al 90 por 100 de confianza = $1,65 \times 0,287 = \dots$

Rectas extremos; para error tipo,

$$p = 1336 \pm 74 + (2,051 \pm 0,287) (h - 532).$$

Estas cuatro rectas constituyen el límite de seguridad dentro del cual podemos calcular la precipitación media en lugar donde no hay pluviómetro, pero del que conozcamos la altura. Están representadas en el gráfico número 2, junto con la recta de regresión, y se observa que, a una altura de 1.600 metros (cumbres de la zona) si calculamos la precipitación aplicando solamente la recta de regresión, podemos cometer un error de ± 300 mm., con una probabilidad del 68 por 100 de acertar (si queremos más seguridad, el error debe ser mayor). Es bastante grande si tenemos en cuenta que varios máximos pluviométricos que hemos calculado en distintos lugares difieren en cantidades menores. Se ve entonces la nece-

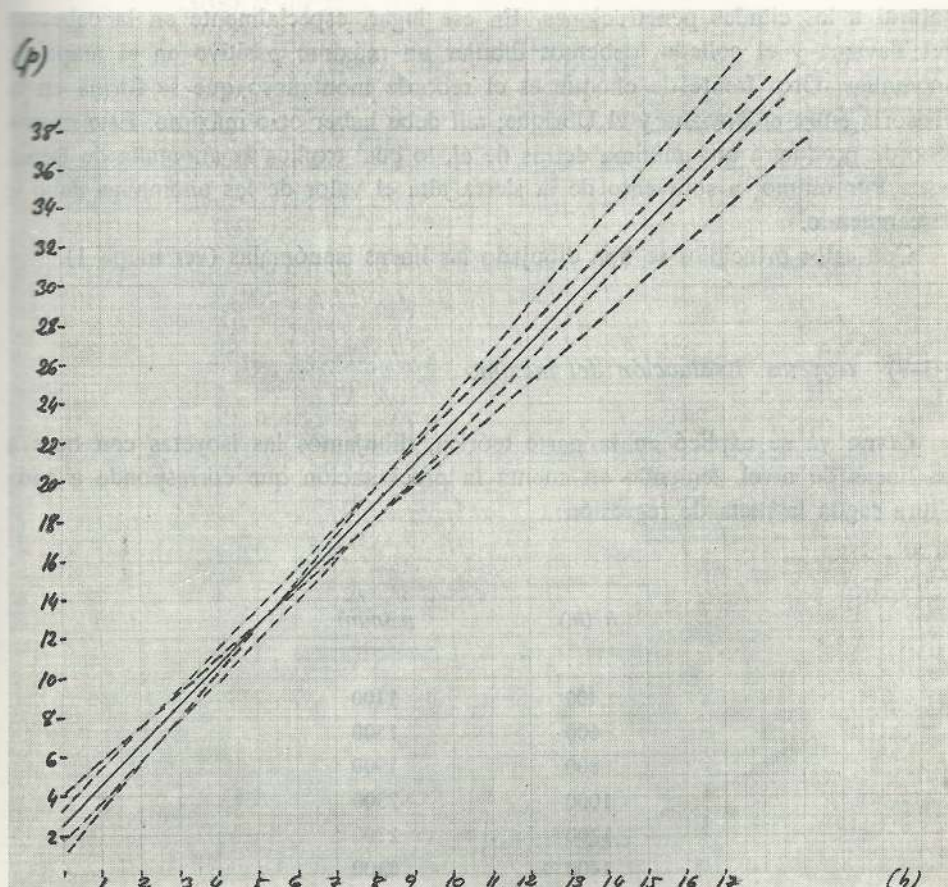


Gráfico núm. 2.—Graza lema. Precipitación-altura: $h = \times 100$ m.; $p = \times 100$ mm.

sidad de afinar más que aplicando simplemente la correlación; por ello utilizamos el método de anomalías.

b-1-6) Mapa de isanómalas

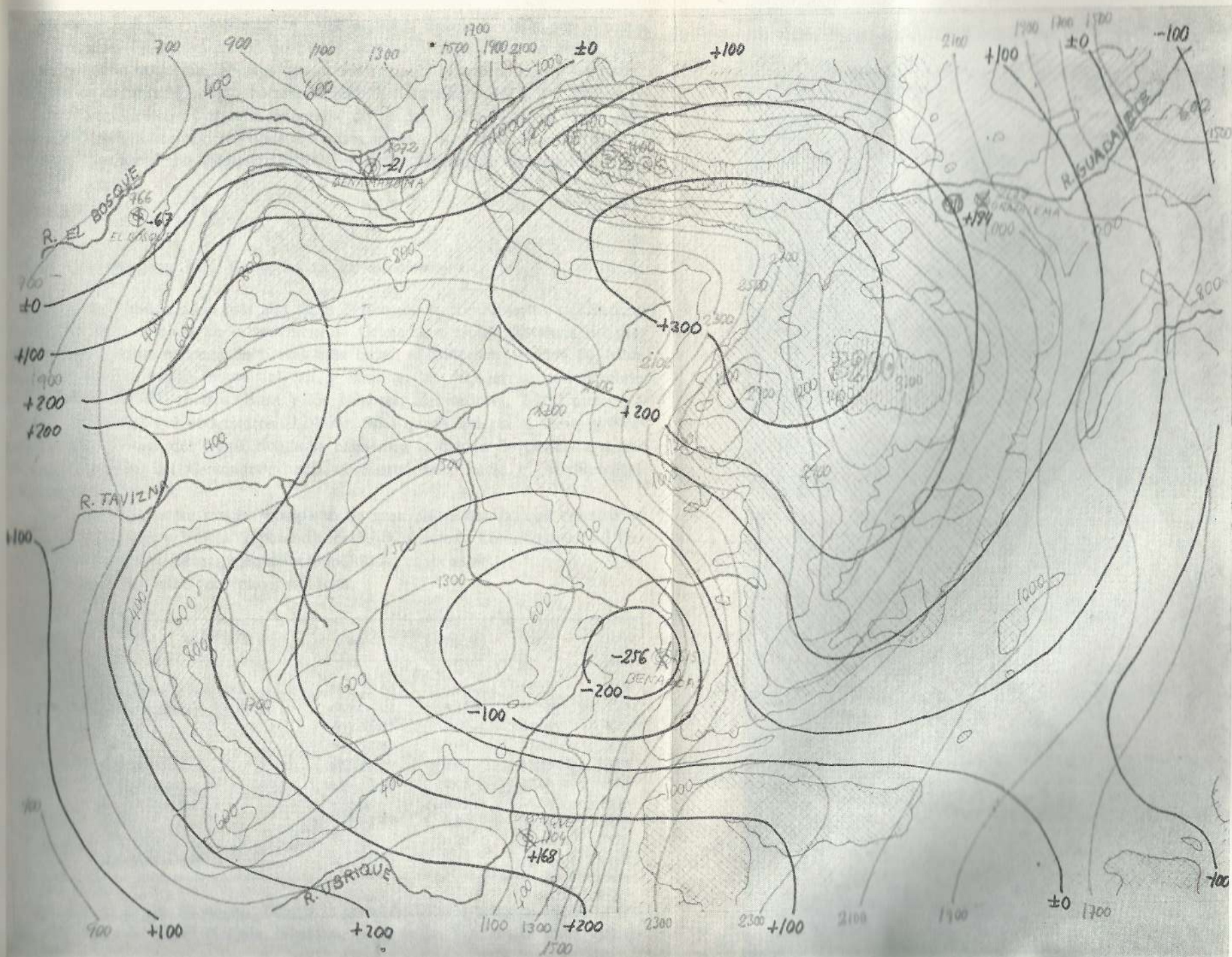
En *b-1-5*) tenemos ya calculadas las anomalías en las cinco estaciones que utilizamos. Se observa anomalía negativa en las dos estaciones del valle de El Bosque (Benamahoma, — 21; El Bosque, — 67), y en la estación de Benaocaz (— 256). Ubrique "A" tiene una anomalía positiva de 168 mm.; y Grazalema de + 194 mm. Como hecho experimental tenemos que aceptar que la penetración de masas húmedas y nubosas tiene lugar preferentemente por el valle del Tavizna y del Ubrique, y menos por el de El Bosque. Aparecen entonces los dos núcleos altos de la sierra de Grazalema y el collado que los enlaza, como barrera natural a las citadas penetraciones. En ese lugar, especialmente en la cabecera del Tavizna y el collado, debemos dibujar un máximo positivo en el mapa de anomalías. Otro frente de choque es el reborde montañoso que se forma en la divisoria entre el Tavizna y el Ubrique; allí debe haber otro máximo. Este mismo reborde producirá una mínima detrás de él, lo cual explica la anomalía de Benaocaz. Por último, a sotavento de la sierra alta el valor de las anomalías debe ir descendiendo.

Con estos principios se han dibujado las líneas isanómalas (ver mapa 1).

b-1-7) Isoyetas. Evaluación del máximo

Como ya se explicó en la parte teórica, dibujamos las isoyetas con base a las líneas de nivel, teniendo en cuenta la precipitación que corresponde a cada altura según la recta de regresión:

<i>h</i> (m)	<i>p</i> (mm)
400	1100
600	1500
800	1900
1000	2300
1200	2700
1400	3100
1600	3500



Tenemos, además, que sumar en cada punto la anomalía dada por el mapa de isanómalas. La extrapolación no puede llevarse a cabo hasta las cimas, pues por su pequeña extensión sabemos que no las remonta el aire, sino que las rodea. Calculamos el máximo como correspondiente a una altura de 1.300 metros, o sea, 2.900 milímetros, con una anomalía de + 300 milímetros; es decir, que vale 3.200 milímetros. Corresponde a los dos núcleos más altos de la sierra.

Zona de Grazalema. Máximo: 3.200 milímetros. Sierra de Grazalema.

3-2) ZONA DE SIERRA NEVADA

3-2-1) *Reseña geográfica. Situación de las estaciones*

La Sierra Nevada es la más alta de la Península, y, por supuesto, del Sistema Penibético. Está situada en la provincia de Granada, a escasa distancia del mar Mediterráneo. Está rodeada de sierras más bajas; al Sudoeste la sierra de Alhama, que alcanza 1.800 metros; al Sur y Sudeste, las Alpujarras, con cumbres entre 1.200 y 1.400 metros. Baza y los Filabres, al Nordeste, 2.200 metros, y cadenas de 1.900 ó 2.000 metros al Norte. Sólo queda abierta al Oeste y Noroeste, hacia la vega del Genil, donde se encuentra la ciudad de Granada, y por el estrecho valle del Guadalfeo, hacia el Sursudoeste, hacia el Mediterráneo (Almuñécar y Motril).

Sierra Nevada es un macizo compacto de gran altura media, que culmina en los picos Mulhacén y Veleta (superando los 3.400 metros). Los afluentes del Genil y del Guadalfeo forman pequeñas hendiduras en la mole.

Utilizamos 10 estaciones pluviométricas:

Número	N O M B R E	Cuenca	Long. (e)	Lat.	Altura
5(G)515	Granada-Cartuja... ..	501-35-06	0,06	37,12	695
6(S)258	Lanjarón... ..	681-06-03	0,12	36,55	720
5(G)513	Monachil... ..	501-35-01	0,09	37,08	810
5(G)519	Dílar... ..	501-35-03	0,05	37,04	878
6(S)253	Nigüelas... ..	631-06	0,09	36,59	931
5(G)517	Dílar (presa)... ..	501-35-03	0,08	37,04	1160
6(S)246	Soportújar... ..	631-04	0,17	36,56	1400
6(S)243	Pitres... ..	631-02-08	0,20	36,58	1436
6(S)234	Trevélez... ..	631-02	0,25	37,00	1476
6(S)257	Lanjarón-Tello	631-06-03	0,13	36,58	1500

De ella, Granada, Monachil, Dílar y la presa de Dílar están situadas en la vertiente noroeste de Sierra Nevada. Nigüelas, en la oeste. Y el resto, en la vertiente sur.

b-2-2) Condiciones meteorológicas

Sierra Nevada queda enmarcada dentro de la misma "región meteorológica" que Grazalema (dominio de los temporales atlánticos y del golfo de Cádiz, y dirección más frecuente de penetración del mal tiempo, el Sudoeste). Sin embargo, es la geografía circundante lo que hace la zona mucho menos lluviosa. Las sierras del Sistema Penibético, que arranca del estrecho de Gibraltar con dirección norte y nordeste (entre ellas se encuentra Grazalema), forman una primera barrera al aire oceánico, descargándose en ellas gran parte de su contenido acuoso. A continuación surgen nuevas barreras, las sierras de Alhama y otras, que nuevamente desecan el aire atlántico. Digamos, por último, que las masas húmedas también se ven dificultadas de penetrar por el Sur desde el mar de Alborán, porque nuestras barreras montañosas del Penibético ven completado su efecto en las montañas africanas del Pre-Atlas.

Podemos considerar como vías de penetración menos dificultosas a los vientos del Sudoeste, a los valles del Genil y del Guadalfeo.

b-2-3) Datos originales

Granada-Cartuja: catorce años completos y tres incompletos.

Lanjarón: seis años completos y diecisiete incompletos.

Monachil: veintitrés años completos y once incompletos.

Dílar: veintiséis años completos y cuatro incompletos.

Nigüelas: siete años completos y veintinueve incompletos.

Dílar (presa): catorce años incompletos.

Soportújar: un año completo y trece incompletos.

Pitres: un año incompleto.

Trevélez: dos años completos y dos incompletos.

Lanjarón-Tello: un año completo y tres incompletos.

b-2-4) Homogeneización

Granada-Cartuja: La similitud de condiciones meteorológicas con Grazalema hace posible homogeneizar Granada con aquella estación; mas teniendo en cuenta que según la *Guía resumida del tiempo en España* ya tenemos el valor de precipitación en Granada-Cartuja para el período 1931-60: 402 mm. La suma para este período será $30 \times 402 = 12.060$ mm. = r . Para Grazalema $r' = 63.026,5$; por lo tanto, $R = R' \frac{r}{r'} = 2.127,3 \times 0,191 = 406$ mm.

Dílar: La homogeneización se ha hecho con Granada-Cartuja. Ambas estaciones

están situadas a muy poca distancia, en la misma vertiente. Hay ocho años de datos comunes.

Media homogeneizada: 464 mm.

Dílar (presa): No hay duda de su homogeneidad con Dílar (pueblo).

Media homogeneizada: 604 mm.

Nigüelas: Está en la misma vertiente que Dílar y además hay muchos datos comunes (extendidos a lo largo de veinte años).

Media homogeneizada: 377 mm.

Lanjarón: Las estaciones de la vertiente sur han sido homogeneizadas con la estación de Lanjarón, lo cual resulta perfectamente válido. Podría dudarse más de la posibilidad de homogeneizar Lanjarón con Dílar (lo cual lleva a dudar de todo el resto del proceso). Aunque el paralelismo de las dos series nos hace aceptar el proceso.

Lanjarón-Dílar:

Media homogeneizada: 354 mm.

Lanjarón-Tello: Con Lanjarón, como todas las del Sur.

Media homogeneizada: 487 mm.

Soportújar: (Cerca de doce años comunes).

Media homogeneizada: 594 mm.

Pitres: Un año común incompleto. Resultado dudoso.

Media homogeneizada: 617 mm.

Trevélez: (Cuatro años comunes).

Media homogeneizada: 411 mm.

Regresión precipitación-altura

Vemos que todos los valores de precipitación de las estaciones de que disponemos son muy bajos. Es muy poco probable que en esta región haya un máximo importante. Hemos considerado que no vale la pena calcular ni el coeficiente de correlación, ni la recta de regresión. Ajustamos, a estima, una recta de regresión, gráficamente, sobre los valores experimentales (gráfico número 3).

b-2-5) Mapa de isanómalas

En toda la parte alta de la sierra no hay estaciones pluviométricas. Esta parte sobresale de todos los obstáculos montañosos de los alrededores (anteriormente descritos) y por lo tanto debe tener más precipitación de la que se le podría asig-

nar con sólo tener en cuenta las zonas bajas (es decir, la recta de regresión). Una zona de anomalía positiva debe cubrir toda la región alta, con prolongación o intensificación en las dos zonas de choque de las únicas entradas posibles del

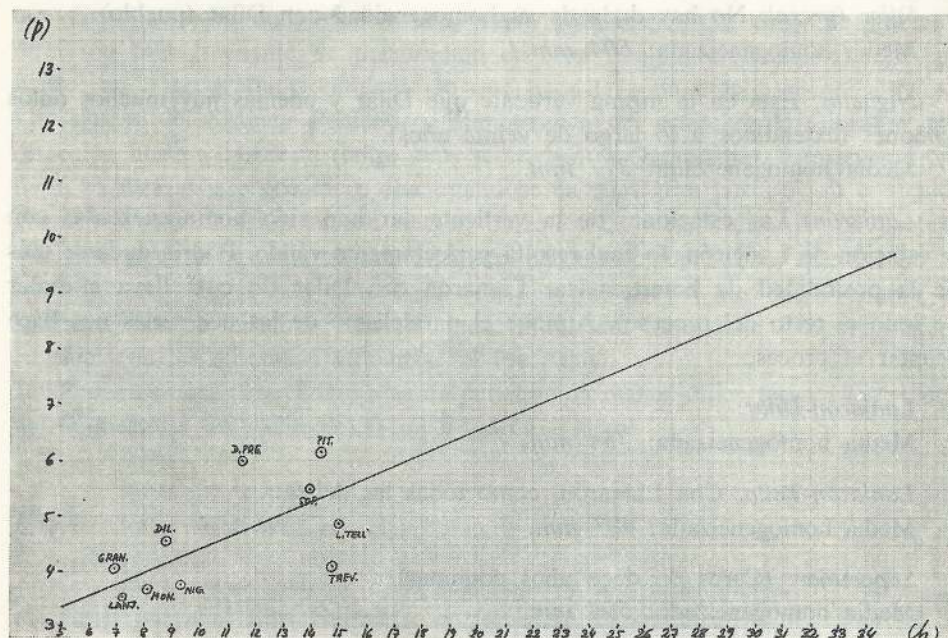
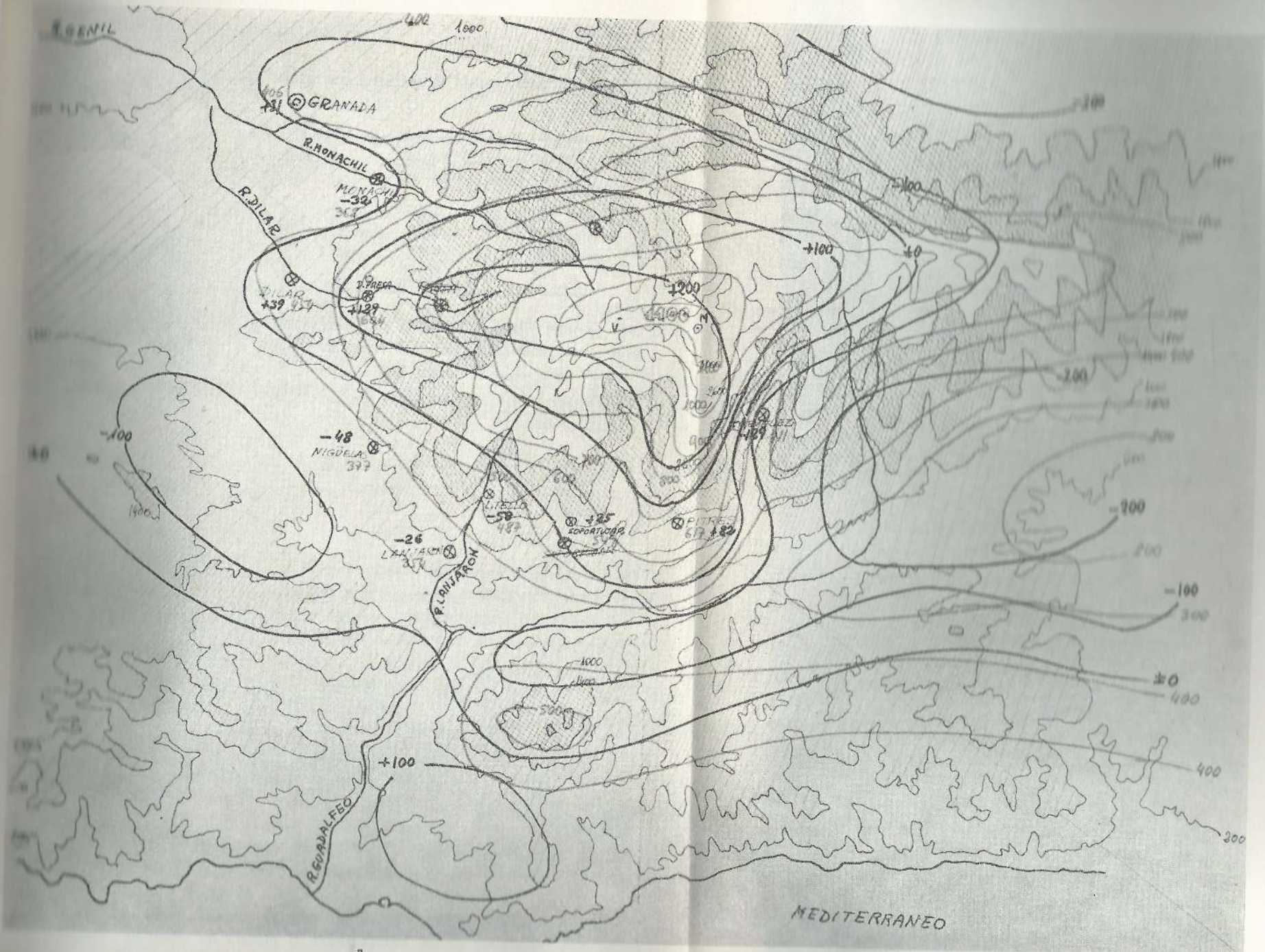


Gráfico núm. 3.—Sierra Nevada. Precipitación-altura: h : $\times 100$ m.; p : $\times 100$ mm.

mal tiempo en niveles bajos: cabeceros del Genil, o afluentes, y del Guadalfeo, o afluentes.

Según el ajuste a estima, las anomalías en las estaciones son las siguientes:

N O M B R E	P. obs..	P. cal.	Anomalía
Granada-Cartuja	406	375	+ 31
Lanjarón	354	380	— 26
Monachil	368	400	— 32
Dílar	454	415	+ 39
Nigüelas,	377	425	— 48
Dílar (presa)	604	475	+ 125
Soportújar... ..	549	525	+ 25
Pitres	617	353	+ 82
Trevélez,	411	540	— 129
Lanjarón-Tello... ..	487	545	— 58



2-6) Isoetas: Evaluación del máximo

Según la correspondencia entre precipitación y altura, tenemos (gráfico número 2):

<i>h</i> (m)	<i>p</i> (mm)	<i>h</i> (m)	<i>p</i> (mm)
600	350	2200	700
1000	450	2600	800
1400	550	3000	850
1800	600	3400	950

El máximo podemos obtenerlo para una altura de 3.000 metros, con una anomalía de + 200 mm., o sea, cifrado en 1.050 mm., a lo más 1.100 mm.

Zona de Sierra Nevada. *Máximo*: 1.100 mm. Macizo del Veleta y el Mulhacén.

3) GALICIA

3-1) Consideraciones generales

Es de dominio público que es ésta la región (en conjunto) más lluviosa de España. En círculos más especializados también se ha considerado durante algún tiempo que en Galicia se situaba el máximo pluviométrico peninsular (últimamente se había sustituido por Grazalema). Santiago de Compostela estaba considerada la ciudad importante de mayor precipitación media, y Capela (en la provincia de La Coruña), como la estación pluviométrica con igual privilegio. Más adelante explicaremos que ambos "máximos" se debieron a un error de homogeneización. Sin embargo, no cabe duda de que es una región lluviosa. Nos ha parecido oportuno trazar un mapa pluviométrico provisional de la zona, a base de los datos de 20 estaciones seleccionadas.

En este trabajo previo no se ha considerado toda Galicia, sino únicamente su vertiente oeste y noroeste, desde el Miño, hacia el Norte. Se pretendía con ello obtener una recta de regresión válida para la vertiente oeste (Rías Bajas), con la que pudiera decirse algo sobre la precipitación en las montañas de Pontevedra, a nuestro juicio la región más lluviosa dentro de Galicia.

Desgraciadamente, Galicia es una región que posee una red pluviométrica muy diluida, teniendo en cuenta la complejidad de su orografía. Por ejemplo, no hay datos más que de una estación situada a más de 400 metros de altura.

h-3-2) Reseña geográfica

La región estudiada en este preliminar está constituida por tres subregiones naturales. Una serie de bajas cadenas montañosas, orientada de Este a Oeste, remachada en el cabo de Finisterre, divide el terreno en vertiente norte y vertiente oeste, o Rías Altas y Rías Bajas.

En las Rías Altas no hay cadenas altas. Hemos elegido las estaciones:

Núm.	NOMBRE	Cuenca	Long.	Lat.	Altura	Provincia
372	Capela-Nieves	132	4,23 W.	43,25	387	La Coruña.
371	Capela-C. F.	132	4,23 W.	43,24	364	La Coruña.

En la divisoria hemos considerado:

Núm.	NOMBRE	Cuenca	Long.	Lat.	Altura	Provincia
403	Santa Comba	138	5,07 W.	43,02	383	La Coruña.
475	Santiago (Universidad).	140-12	4,51 W.	42,53	260	La Coruña.
428	Santiago (Labacolla).					

En las Rías Bajas tenemos una compacta cadena norte-sur de montañas que alcanzan 1.000 metros en muchos puntos, a escasa distancia del fondo de las rías. Tenemos las siguientes estaciones:

Núm.	NOMBRE	Cuenca	Long.	Lat.	Altura	Provincia
409	Muros (Costa Grande).	1	5,22 W.	42,46	19	La Coruña.
433	Negreira.	139-12	5,04 W.	42,55	193	La Coruña.
478	Zamar de Rubianes ...	1	5,04 W.	42,34	100	Pontevedra.
484	Pontevedra (Inst.)... ..	1	4,57 W.	42,26	19	Pontevedra.
481	Bugarín... ..	142	4,45 W.	42,33	460	Pontevedra.
489	Vilardrán.	143	4,52 W.	42,25	342	Pontevedra.
496	Vigo.	1	5,02 W.	42,14	27	Pontevedra.
495	Vigo (Peinador).. ...	1	4,57 W.	42,13	250	Pontevedra.
493	Sotomayor				58	Pontevedra.
479	Moraña... ..	141	4,54 W.	42,33	200	Pontevedra.
729	Puenteareas... ..	144-26	4,49 W.	42,11	50	Pontevedra.
723	Tuy... ..	144	4,58 W.	42,03	58	Pontevedra.
429	La Guardia.	1	5,11 W.	41,54	40	Pontevedra.

b-3-3) *Condiciones meteorológicas*

En modo alguno puede decirse que las tres regiones están más bajo las mismas condiciones meteorológicas.

A la zona de Rías Bajas le afectan todos los temporales atlánticos, pero especialmente sus frentes cálidos; también le afectan algo las borrascas del golfo de Cádiz (menos que en aquel lugar) (b-2) y, por supuesto, las del Noroeste (b-1) (también sus frentes cálidos). Los frentes fríos y las situaciones del Norte quedan detenidas en la divisoria, al menos en parte, y si tienen (sus vientos) algo de componente este ya no afectan en absoluto. En esta zona, por lo tanto, una vez más predominan los vientos húmedos y masas lluviosas que provienen del Sudoeste. Es destacable que las Rías Bajas propiamente dichas tienen su eje con dirección sudoeste-nordeste, lo mismo que las cadenas montañosas que las separa; de manera que los vientos húmedos se canalizan y refuerzan en el interior de las Rías, y chocan inevitablemente con las montañas que las cierran, en el Este.

Las Rías Altas sufren también los efectos de las borrascas atlánticas, pero sólo de sus frentes fríos, y, además, están afectadas por las borrascas del Nordeste y del Norte con cualquier componente. Podemos considerar dirección predominante para los vientos lluviosos la dirección noroeste.

En las cadenas de la divisoria existe el efecto conjunto de los dos tipos de temporales: con dirección sudoeste y noroeste. Es difícil dar una sola dirección predominante. La abundancia de lluvias se comprende si tenemos en cuenta que, por lo dicho anteriormente, más del 60 por 100 de los temporales de lluvia afectan a las Rías Bajas, y cerca del 60 por 100, a las Rías Altas.

Las tres zonas de precipitación superior a 2.000 mm. que aparecen en nuestro mapa provisional (concordando con el mapa del S. M. N.) son confirmación de todo lo dicho.

b-3-4) *Datos originales*

Capela-Nieves: venticuatro años completos.

Capela-C. F.: diez años completos.

Santa Comba: un año completo y cinco incompletos.

Santiago-Universidad: veintiocho años completos.

Santiago-Labacolla: dieciocho años completos y tres incompleos.

Vigo: treinta y cuatro años completos y tres incompletos.

Muros: diez años incompletos.

Negreira: cuatro años completos y diez incompletos.

Riveira-Santa Eugenia: dieciséis años incompletos.

Herbón: venticuatro años completos y tres incompletos.

Zamar de Rubianes: seis años completos y siete incompletos.

Pontevedra-Instituto: veintidós años completos y cuatro incompletos.

Bugarín: cinco años completos y doce incompletos.

Vilardrán: tres años completos y catorce incompletos.

b-3-5) Homogeneización

En principio se había pensado en todas las estaciones de las Rías Bajas con Vigo (lo cual es perfectamente aceptable, puesto que reina el mismo tiempo en esa subregión) y luego homogeneizar el resto de las estaciones con Santiago-Universidad. Pero Santiago-Universidad no tiene datos desde 1959 y, por lo tanto, había que completarla. Aceptamos como una solución parcial homogeneizarla con Vigo. Verificado el proceso de este modo se obtenían valores muy altos de precipitación en Santiago-Labacolla y, sobre todo, en la Capela (Capela-F. C. pasaba los 3.300 mm.). Ese fue el proceso que llevó a pensar en la situación del máximo pluviométrico de España en Capela. Sin embargo, había un error: la serie pluviométrica de Santiago-Universidad presentaba precipitaciones mucho más altas hasta 1942, que después de esa fecha, en contradicción con lo que ocurre tanto en la vertiente sur, como en la norte de Galicia (ver gráfico número 4, que compara las series de La Coruña y Santiago-Universidad, y ver la

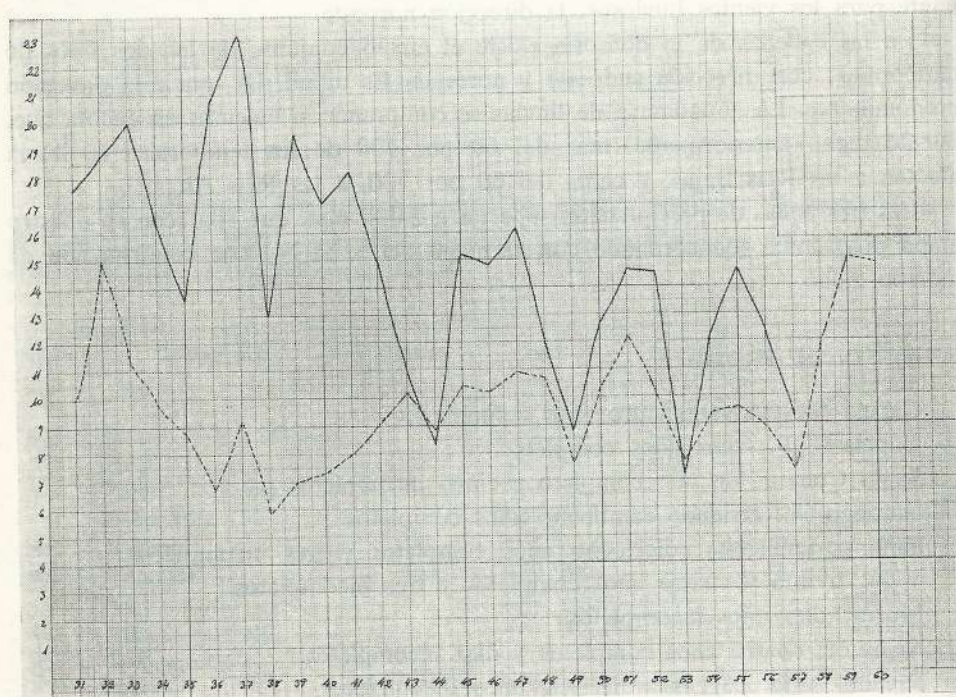


Gráfico núm. 4.—Variación de la precipitación con el tiempo.

———— Santiago-Universidad.

----- La Coruña.

Ordenadas: precipitación, en cientos de mm.; abscisas: años.

serie de Vigo). La serie de Santiago-Universidad, inadmisibile. Por la consistencia física del mapa pluviométrico, parece más razonable admitir como buena la segunda que la primera parte de dicha serie pluviométrica (1).

Otra segunda parte de error consiste ya en querer homogeneizar Santiago con Vigo, pues las condiciones meteorológicas empiezan a diferir bastante.

A continuación explicamos el proceso que hemos seguido:

Estaciones de *Rías Bajas* (homogeneización siempre con *Vigo*).

Vigo:

En su serie no faltan más que algún dato mensual y uno anual. Se cubren estas lagunas por medio de la media geométrica aproximada y resulta:

Media homogeneizada: 1.380 mm.

Muros (Costa Grande):

Media homogeneizada: 1.629 mm.

Negreira:

Media homogeneizada: 1.849 mm.

Riveira (Santa Eugenia):

Media homogeneizada: 1.183 mm.

Herbón-Padrón:

Media homogeneizada: 1.519 mm.

Zamar de Rubianes:

Media homogeneizada: 1.559 mm.

Pontevedra (Instituto):

Media homogeneizada: 1.643 mm.

Bugarín:

Media homogeneizada: 2.651 mm.

(1) En realidad, no hemos analizado a fondo el problema. Cabe la posibilidad de alguna anomalía climatológica local en Santiago-Universidad. Lo que hemos querido decir es que el evidente desacuerdo entre su serie y las de La Coruña y Vigo hace completamente inadmisibile utilizarla para homogeneizar otras estaciones, pues ello no haría más que multiplicar esa anomalía, si es que la hay, en toda una región en que sabemos que no ha ocurrido; de hecho representaría este proceso un aumento muy notable de la pluviosidad en las estaciones así homogeneizadas.

Vilardrán:

Media homogeneizada: 1.642 mm.

Vigo (Peinador):

Media homogeneizada: 1.836 mm.

Sotomayor:

Media homogeneizada: 1.367 mm.

Moraña:

Media homogeneizada: 2.001 mm.

Puenteareas:

Media homogeneizada: 1.504,7 mm.

Tuy:

Media homogeneizada: 2.139 mm.

La Guardia:

Media homogeneizada: 1.297 mm.

Estaciones de la *divisoria*.

Santiago-Universidad:

Rechazamos los datos comprendidos entre 1931 y 1941. La media para el período 1942-58 es 1.253 mm. Del gráfico número 3 deducimos que, prácticamente, esta media debe ser válida para el treintenio 1931-60 (La Coruña y Santiago pueden considerarse bien conectados meoteorológicamente, según se deduce del paralelismo de sus series entre 1942 y 1958, manifestados en el mismo gráfico). Para este último período citado obtenemos como razón entre las dos estaciones 0,77 (La Coruña, dividida por Santiago-Universidad). Para hacer intervenir parcialmente la abundancia de precipitaciones que aparece en Vigo (y Rías Bajas) durante el último decenio de nuestro período (particularmente, ya que la divisoria tiene una meteorología intermedia entre la zona norte y sur), homogeneizaremos el valor de precipitación en La Coruña por medio de la precipitación global en las vertientes norte y noroeste de España.

Deducimos que la razón entre la vertiente y La Coruña es $67,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{mm}$. Como no disponemos de toda la serie completa para la vertiente norte y noroeste, tenemos que hacer:

$$R = R' \cdot r/r' = 969 \times 67,2 = 65.116,8;$$

969 mm. es la precipitación en La Coruña en el período 1931-60, de manera que 65.116,8 es la precipitación en toda la vertiente en el mismo período. Añadiendo la suma de los últimos ocho años tendremos, por fin, una precipitación media de 66.425. Entonces, aplicando otra vez el método de la razón, esta vez ya con Santiago-Universidad, tendremos:

$$R = R' r/r' = 66.425 \times 1.253 = 65.117 = 1.275 \text{ mm.}$$

Media homogeneizada para Santiago-Universidad, en la que influyen algo los temporales de lluvia tipos sudoeste (a través de la precipitación en la vertiente norte y noroeste) y mucho más las precipitaciones oeste, noroeste y norte, ya que la base de homogeneización es casi La Coruña.

Santiago-Labacolla (homogeneización con Santiago-Universidad, por estar la parte común de las dos series incluida en el período 41-60).

Media homogeneizada: 1.849 mm.

Capela-Nieves. El paralelismo entre las series de Santiago y La Coruña, entre 1942 y 1958, hace utilizable Santiago para homogeneizar las estaciones del norte de Galicia. Así tendremos:

Media homogeneizada: 2.027 mm.

Capela-C. F. La homogeneización con Capela-Nieves.

Media homogeneizada: 2.116 mm.

Santa Comba (con Vigo).

Media homogeneizada: 2.209 mm.

Vamos a dar, como curiosidad, los valores que obteníamos al homogeneizar los de Santiago y Capela, sin rechazar la primera parte de la serie de Santiago-Universidad.

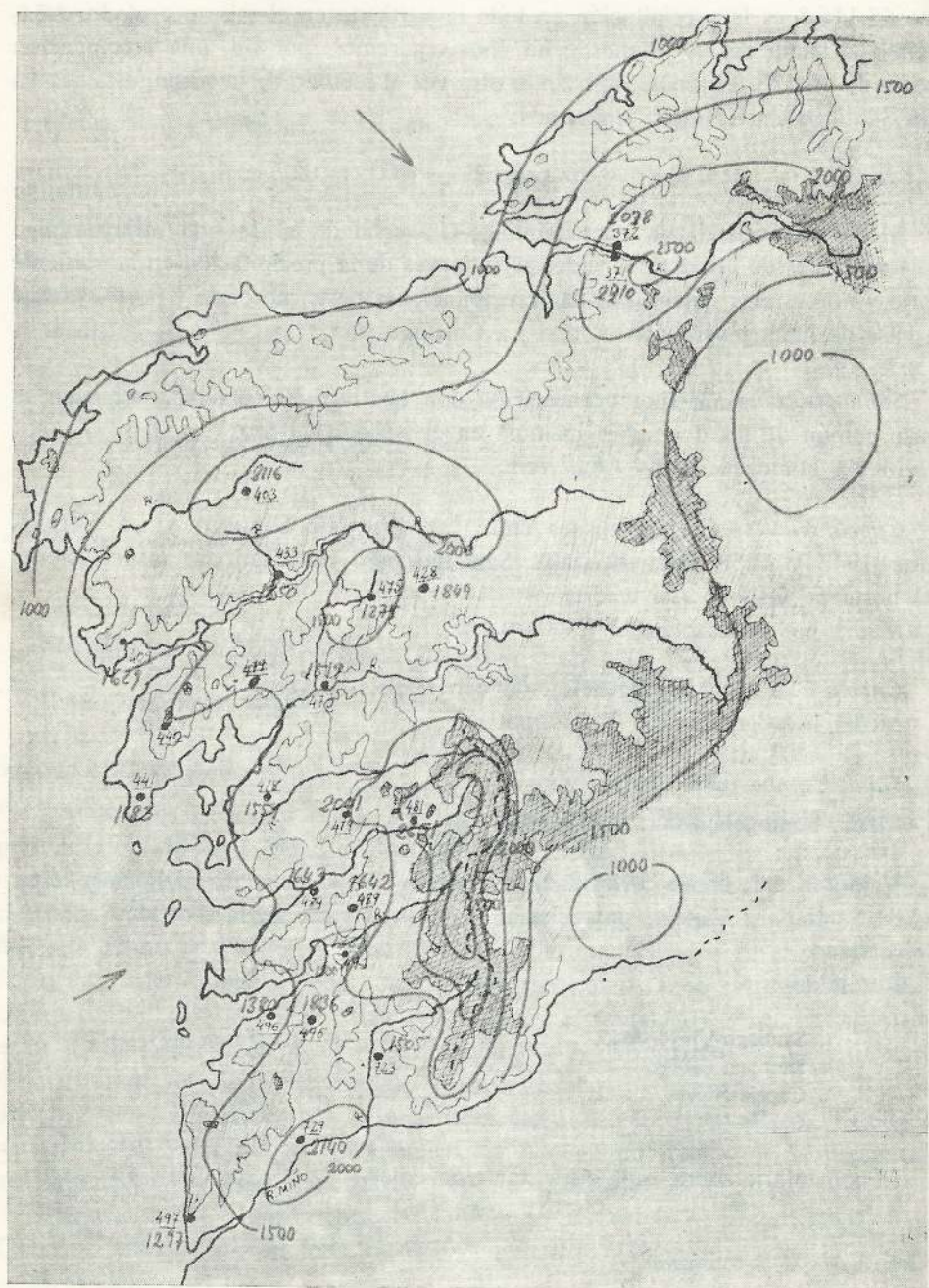
Resultados:

Santiago-Universidad.	1.628 mm.
Santiago-Labacolla	2.361 "
Capela-Nieves.	2.589 "
Capela-C. F.	3.366 "

El comentario sobra ante cifras tan elocuentes.

b-3-6) *Mapa provisional*

Con la medias homogeneizadas de las 20 estaciones seleccionadas hemos constituido el mapa provisional (mapa número 3) ya citado.



Mapa núm. 3.—Galicia. Mapa provisional. Escala 1 : 750.000.

En la región norte y divisoria tenemos dos zonas con más de 2.000 mm. anuales que corresponden al valle del Eume (en las montañas más o menos aisladas próximas a Capela aventuramos los 2.500 mm., teniendo en cuenta su situación respecto al viento noroeste, pero creemos que se puede pasar muy poco de esta cifra), y a las colinas de la divisoria, próximas a Santiago.

En la región sur, la precipitación aumenta rápidamente hacia las montañas. La estación de Bugarín, a 460 metros, ya alcanza los 2.650 mm. Suponemos que en las alturas se sobrepasan los 3.000 mm., y, por la rapidez de la "crecida", es posible que en bastante proporción.

En el próximo capítulo estudiaremos más a fondo las sierras de Pontevedra.

Advertimos ya en este mapa provisional hay una zona de mínimo al fondo de la ría de Vigo.

4 SIERRAS DE PONTEVEDRA

4.1) *Reseña geográfica. Situación de las estaciones*

Para incluir toda la gama de alturas, desde el nivel del mar hasta las cumbres, incluimos con este nombre la región que abarca desde las puntas de las rías de Pontevedra y Vigo, hasta las laderas de sotavento de las sierras.

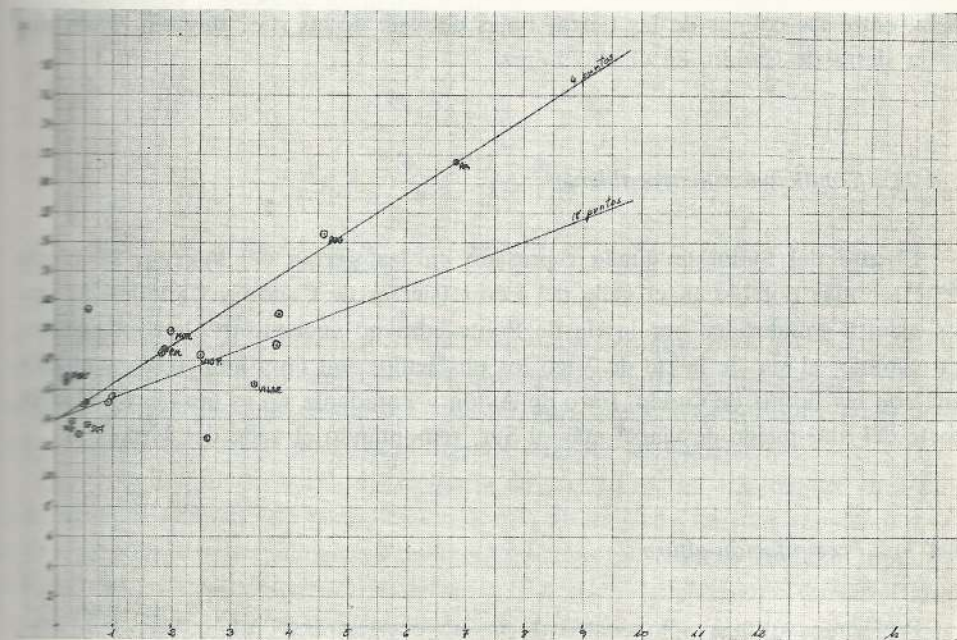


Gráfico núm. 5.—Precipitación-altura. Rías Bajas-Sierras de Pontevedra.
Precipitación: centenas de mm. Alturas: centenas de m.

Al norte de la ría de Pontevedra hay montañas de 500 metros de altura (Cambados); sigue la ría de Pontevedra con sus llanuras litorales; vuelven a repetirse montañas de 500 metros, y de nuevo las llanuras y el mar, en la ría de Vigo. Al sur de esta ría, varias cadenas de dirección norte-sur, Grove, Galiñeiro, que alcanza 700 metros de altitud.

En una segunda franja norte-sur tenemos llanuras algo más extensas al fondo de las rías, y montañas bajas en el resto. Cabe destacar la sierra de San Nomédico, de 700 metros, al sursudeste del paralelo de la ría de Vigo, paralelo a las de Grove y Galiñeiro.

Siguiendo hacia el Este, el terreno empieza a elevarse sin interrupción, cortado por los valles de los ríos Lerez y otros. Las cimas, en forma de sierras orientadas de Norte a Sur, son las siguientes: al fondo de la ría de Pontevedra, tres sierras paralelas, de Oeste a Este, sierra de Cando, 1.012 metros; sierra de Candón, 1.020 metros, y sierra de Testeiro, 1.040 metros. Al fondo de la ría de Vigo, la sierra de Guido, 1.020 metros, y un poco más al Sur, la sierra del Faro de Avión, 1.150 metros, y la sierra de Paradanta, que no alcanza ya los 1.000 metros. El terreno baja luego rápidamente hacia el Miño. En esta región hay siete estaciones pluviométricas, incluidas en las 20 seleccionadas anteriormente. Vigo y Pontevedra, junto al mar, en sus rías respectivas. Vigo-Peinador en tierra alta, extremo norte de la sierra Galiñeiro. Sotomayor, Vilarchán y Moraña, entre las colinas de las tierras bajas del este de las rías. Bugarín, a los pies de la sierra de Cando, en el alto Lerez.

b-4-2) Condiciones meteorológicas

El aire del Sudoeste queda represado en las sierras del interior. El efecto debe ser más notable en el valle del Lerez (sierras de Cando y Candón), ya que los vientos canalizados por la ría de Pontevedra no encuentran otros obstáculos. En cambio, al sur de la ría de Vigo los obstáculos son muy numerosos y el choque con las sierras de Guido, Faro de Avión y Paradanta no es tan claro; además, parte del aire puede desviarse más al Sur, remontando el valle del Miño.

b-4-3) Precipitación-altura

Preferimos utilizar sólo cuatro de las siete estaciones: Vigo, Vigo-Peinador, Pontevedra y Bugarín, porque las otras tres están en una situación un poco ambigua (entre colinas) y es probable que no den idea auténtica de la relación

entre la precipitación y la altura en esta región. De hecho ya habíamos apreciado un mínimo pluviométrico en esta zona intermedia, entre el mar y las montañas.

NOMBRES	p_i	h_i	$(p - p_i)$	$(h - h_i)$	$(p - p_i)^2$	$(h - h_i)^2$	$(p - p_i)(h - h_i)$
Vigo... ..	1380	27	+ 497	+ 162	247009	26244	80514
Vigo-Peinador	1936	250	+ 41	+ 61	1681	3721	— 2501
Sancti-Speti	1643	19	+ 234	+ 170	54756	28900	39780
Sancti	2651	460	— 774	— 271	599076	73441	209754
<i>Suma</i>	7510	756			902522	132306	327547
<i>Media</i>	1877	189					

Coefficiente de correlación,

$$r = \frac{\sum (h_i - \bar{h})(p_i - \bar{p})}{\sqrt{\sum (p_i - \bar{p})^2 \sum (h_i - \bar{h})^2}} = \frac{327547}{902522 \times 132306} = \frac{327\ 000}{345\ 000} = 0,95$$

Lo podemos considerar aceptable.

Recta de regresión,

$$\bar{p} = p + \frac{\sum (h - \bar{h})(p - p_i)}{\sum (h - \bar{h})^2} = (h - \bar{h})$$

$$p = 1877 + \frac{327547}{132306} (h - 189) = 1877 + 2,55 (h - 189)$$

Aunque creemos que esta recta debe ajustarse bastante bien a la realidad en la región estudiada; por lo significativos que son los cuatro puntos elegidos, hemos considerado conveniente ajustarse, a estima, otra recta a la nube de 18 puntos que corresponde a todas nuestras estaciones, excepto las Capela.

No debe sorprendernos la discrepancia de las dos rectas. Realmente, en nuestra región, el aumento de precipitación con la altura debe ser más rápido que en toda la vertiente oeste gallega, ya que las montañas alcanzan su máximo papel de barrera orográfica (compactas, próximas a la costa y precisamente donde el aire se canaliza más por las rías). Si jugamos con la primera recta tendremos anomalías pequeñas; si lo hacemos con la segunda, el mapa de isanómalas tendrá que incluir el acentuamiento del efecto orográfico. Compararemos los resultados.

b-4-4) Mapas de isanómalas

Para las siete estaciones de la región, tenemos las siguientes anomalías:

1. Con la recta calculada para cuatro puntos:

ESTACION	Anomalía
Pontevedra..	+ 260
Vigo	— 170
Sotomayor... ..	— 120
Moraña..	+ 100
Vigo-Peinador... ..	— 190
Vilarchán	— 620
Bugarín..	+ 90

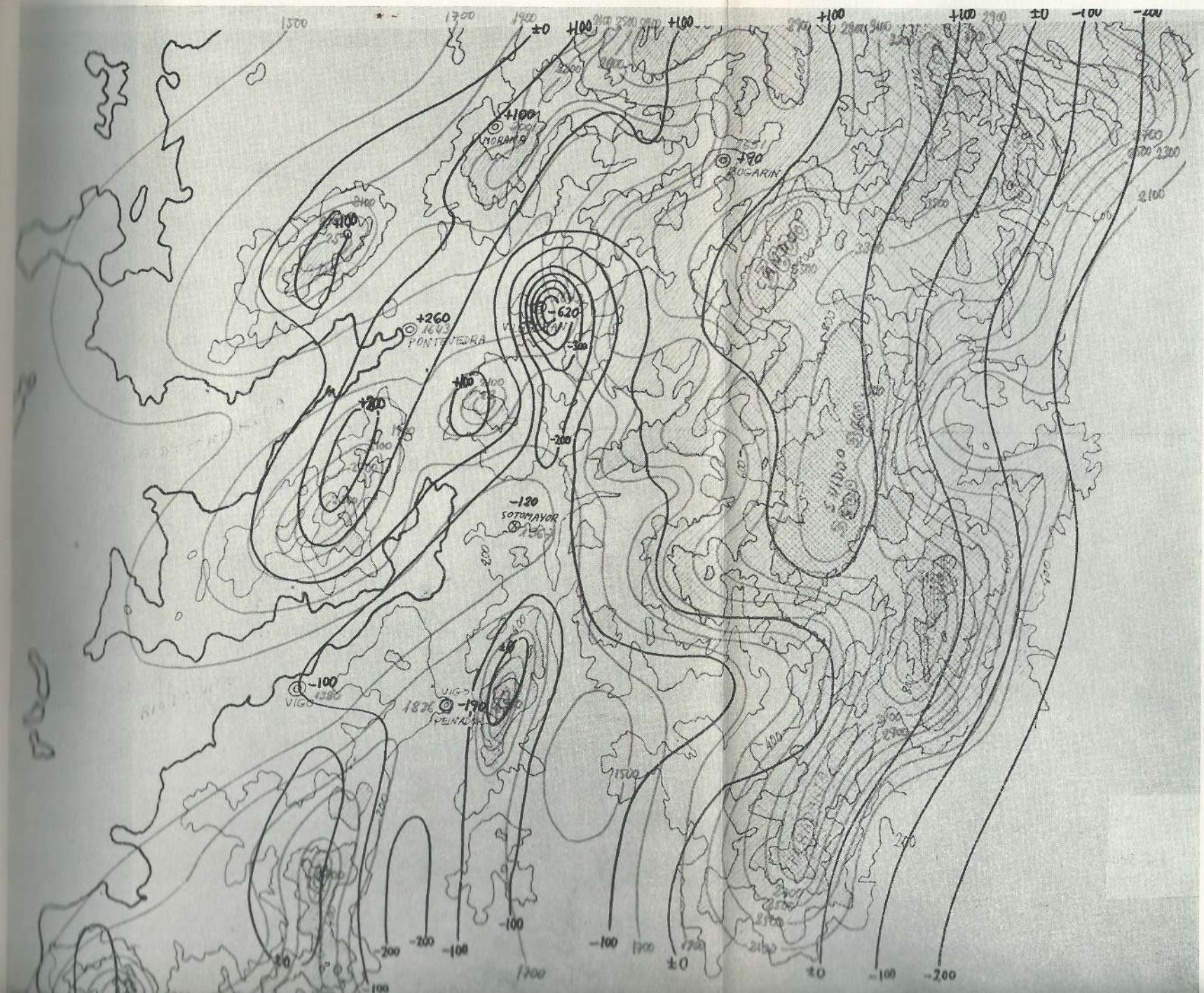
2. Con la recta estimada para 18 puntos:

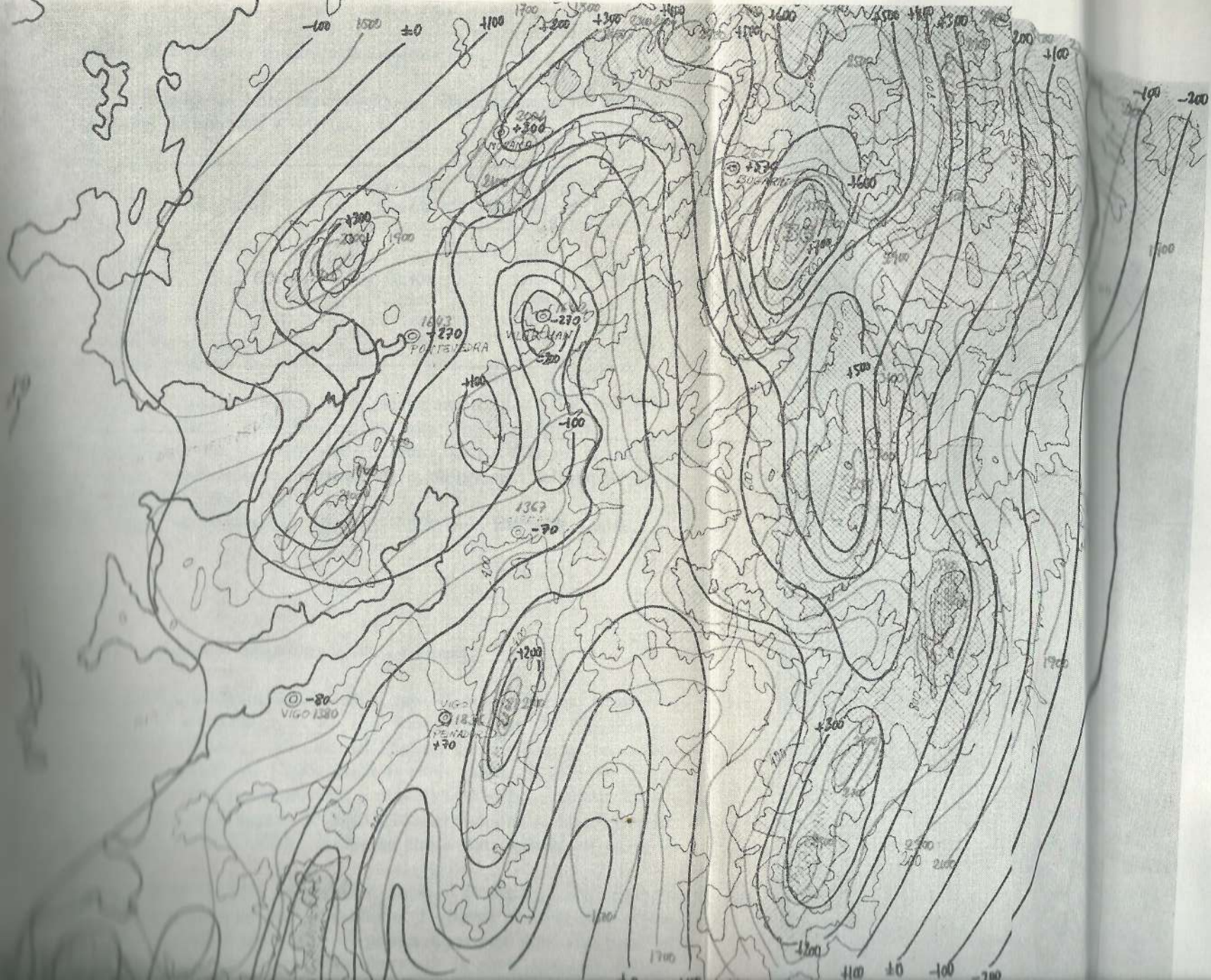
ESTACION	Anomalía
Pontevedra..	+ 270
Vigo..	— 80
Sotomayor... ..	— 70
Moraña..	+ 300
Vigo-Peinador... ..	+ 70
Vilarchán	— 270
Bugarín..	+ 578

Lo que nos parece más significativo es que son las estaciones altas las que aumentan la anomalía positiva con el segundo método; ello indica que la precipitación crece con la altura más rápidamente de lo que indica la segunda recta. Aproximadamente como indica la primera.

1. En el mapa número 4 las anomalías generales son pequeñas: hasta + 100 en las zonas de "choque". En cambio, aparecen muchas anomalías locales grandes en la franja intermedia.

2. En cambio, en el mapa número 5 se disminuyen bastante las anteriores anomalías locales y se acentúan mucho las de tipo general. En la sierra de Cando se superan los + 700 mm. de anomalía.





4-5) Mapas de isoyetas. Evaluación del máximo

De la correspondencia entre precipitación y altura tenemos las siguientes escalas para pasar de isohipsas a isoyetas.

	Para el mapa número 4	Para el mapa número 5
200 m.	1.900	1.700
400 m.	2.400	2.000
600 m.	2.900	2.300
800 m.	3.400	2.600
1.000 m.	3.900	2.900

En la sierra de Candón tenemos en el primer mapa unos 3.500 m. por su altura base de unos 850 m. y + 100 por anomalía. Total: 3.600 mm.

Por el otro método resulta 2.700, según la altura, y unos 800 por la anomalía suman 3.500 mm. Pero según se desprende de la observación del mapa es muy aceptable el valor de 3.600 mm.

Zona de sierras de Pontevedra. *Máximo: 3.600 mm.* Sierra de Cando.

5) LIMIA

5-1) Reseña geográfica. Situación de las estaciones

Bajo este nombre incluimos todo el curso español del río Limia, incluyendo su cabecera, que lo es también de los ríos Navea (afluente del Sil), Arnoya (afluente del Miño) y Támega (afluente del Duero). La cabecera de los cuatro ríos es un núcleo montañoso de 1.200 metros de altura media. El valle del Limia, en su parte alta, es una suave altiplanicie, a más de 600 metros, en cuyo centro se encharcan las aguas en la laguna de Antela. Más al Sudoeste se encajona entre montañas de 1.000 a 1.500 metros, perdiendo altura con rapidez; así entra en terreno portugués.

El Arnoya baja en un valle más regular, hacia el Oeste, y el Támega baja bastante rápidamente hacia el Sur. Por último, el Navea se abre paso en el interior del macizo montañoso citado en primer lugar, en dirección hacia el Norte, dejando a su derecha las mayores alturas de la zona, sierra de Queija, 1.700 metros, y a su izquierda, la sierra de San Mamed, con 1.600 metros. Todo el terreno pertenece a la provincia de Orense.

Hay bastante abundancia de pluviómetros en esta zona, especialmente en el valle del Navea (en general toda la cuenca del Sil está bien provista de estaciones pluviométricas, gracias a la colaboración de la Confederación Hidrográfica de su nombre).

Utilizamos las siguientes estaciones:

Núm.	N O M B R E	Cuenca	Long. (W.)	Lat.	Alt.
739	Pereira.	Limia... ..	4,28	41,57	720
737	Cados Muños	Limia... ..	4,19	41,57	661
735	Ginzo de Limia... ..	Limia... ..	4,02	42,04	600
734	Laroa... ..	Limia... ..	4,01	42,02	643
732	Villa de Rey... ..	Limia... ..	3,55	42,04	657
733	Lamelonga	Limia... ..	3,55	41,58	800
704	Rebordechao... ..	Arnoya	3,49	42,11	518
705	Baños de Molgas.	Arnoya	3,59	42,14	518
633	Taboazas	Navea.	3,45	42,13	992
634	Santa Cruz de Q.	Navea.	3,26	42,18	649
635	Candedo... ..	Navea.	3,43	42,15	937
636	La Espasa	Navea.	3,42	42,15	947
638	Bretelo	Navea.	3,41	42,15	977
639	Chandreja de Q.	Navea.	3,41	42,15	957
640	Casteloais..	Navea.	3,43	42,16	1040
641	Forcados... ..	Navea.	3,39	42,14	1100
642	Vozqueimado..	Navea.	3,41	42,16	1009
643	Parafita de Q.	Navea.	3,40	42,16	1194
646	Paradeseca	Navea.	3,40	42,18	1007
647	Coba... ..	Navea.	3,39	42,19	1000
667	Montederramo	Sardiñeira.	3,49	42,16	1020
973	Correchoso... ..	Tamega	3,47	42,07	800
974	Cerdedelo..	Tamega	3,43	42,05	915
975	Toro... ..	Tamega	3,45	42,06	978

Pereira y Cados Muños merecen una consideración especial, por ser las únicas estaciones del núcleo montañoso del Sudoeste, en las gargantas del Limia. El resto están situadas en los valles que rodean el núcleo montañoso del Este (Queija y San Mamed).

b-5-2) Condiciones meteorológicas

Meteorológicamente, el valle del Limia es una "ría baja" más, como lo es el Miño. Valga entonces todo lo dicho para aquella región. Dominio, por lo tanto, de los Sudoeste. Estos vientos entrarán por el valle portugués de Limia, canali-

zándose entre las montañas del extremo occidental de nuestra zona. En parte, perderán su agua en esos macizos y, en parte, seguirán conduciéndola Limia arriba hasta chocar con la muralla de San Mamed y Queija.

También entrarán vientos húmedos por los valles del Miño, Arnoya y Sil, especialmente si no tienen componente sur.

El parecido de condiciones meteorológicas con las Rías Bajas se pone de manifiesto por el estrecho paralelismo que hay entre las series pluviométricas de estas estaciones y las de aquella región. Esto nos sirve para utilizar Vigo como base para la homogeneización.

5-5-3) *Datos originales*

Los datos de las estaciones de la cuenca del Navea los hemos obtenido de la Confederación del Sil, que son más completos que los que obran en los anuarios y boletines mensuales climatológicos y en el archivo climatológico del Servicio Meteorológico Nacional. El inconveniente (sólo parcial, como veremos) es que viene por años hidráulicos (de octubre a octubre). Son los siguientes:

Cuenca del Sil:

Chandreja: diez años completos. Media, 1.098 mm.

Coba: ocho años completos. Media, 1.300 mm.

Casteloais: siete años completos. Media, 2.001 mm.

Candedo: ocho años completos. Media, 2.053 mm.

Taboazas: ocho años completos. Media, 2.982 mm.

La Espasa: ocho años completos. Media, 1.930 mm.

Forcados: ocho años completos. Media, 1.805 mm.

Bretelo: ocho años completos. Media, 1.614 mm.

Vozqueimado: ocho años completos. Media, 1.668 mm.

Paradeseca: ocho años completos. Media, 1.561 mm.

Santa Cruz de Queija: ocho años completos. Media, 1.974 mm.

Parafita de Queija: quince años completos. Media, 1.743 mm.

Otras estaciones, con datos mensuales, del archivo nacional:

Baños de Molgas: tres años completos y uno incompleto.

Parafita de Queija: diez años completos y ocho incompletos.

Laroa: cuatro años completos y cuatro incompletos.

Villa de Rey: nueve años completos y dos incompletos.

Casteloais: cinco años completos y cuatro incompletos.

Montedenamo: dos años completos y uno incompleto.

Correchouso: siete años completos y cinco incompletos.

Lamalonga: diez años completos y tres incompletos.

Rebordechao: ocho años completos y tres incompletos.

Ginzo de Limia: doce años completos y dos incompletos.

Pereira: tres años completos y tres incompletos.

Cados: seis años completos y cinco incompletos.

Toro: ocho años completos y tres incompletos.

b-5-4) Homogeneización

Todas las estaciones, excepto las del Navea, Parafita y Casteloais, han sido homogeneizadas por razón, tomando como base Vigo, tras comprobar el estrecho paralelismo entre sus series pluviométricas. A este respecto, consideramos como muy dudosa la homogeneización de Casteloais y Montederrama, y algo dudosas las de Baños de Molgas, Lamalonga y Rebordechao.

Valores homogeneizados:

Baños de Molgas: 842 mm.

Parafita de Queija: 1.504 mm.

Laroa: 814 mm.

Villa de Rey: 952 mm.

Casteloais (muy dudoso): 3.312 mm.

Montederrama (muy dudoso): 1.780 mm.

Correchouso: 1.339 mm.

Lamalonga: 1.145 mm.

Rebordechao: 1.637 mm.

Toro: 1.283 mm.

Cados Muiños: 2.098 mm.

Ginzo de Limia: 814 mm.

Pereira: 2.594 mm.

A continuación homogeneizamos las estaciones del Navea. Para ello tenemos un trabajo del ingeniero Alejandro del Campo sobre la pluviosidad en la cuenca del Sil, en el que calcula el coeficiente de correlación entre cada una de las estaciones del Navea y una de ellas, Parafita de Queija. Copiamos los resultados:

Parafita-Chandreja: 0,8088.

Parafita-Coba: 0,9493.

Parafita-Taboazas: 0,8715.

Parafita-Santa Cruz de Queija: 0,9109.

Parafita-La Espasa: 0,9473.

Parafita-Candedo: 0,9149.

Parafita-Bretelo: 0,9304.

Parafita-Casteloais: 0,3861.

Parafita-Vozqueimado: 0,9603.

Parafita-Paradeseca: 0,8063.

Son bastante buenos, excepto el de Casteloais. Podemos homogeneizar todas estas estaciones con Parafita, así no nos importa que los datos que tenemos de estas estaciones sean de años hidráulicos, porque ya Parafita está homogeneizado, y lo que interesa en la homogeneización son los valores relativos.

Valores homogeneizados:

Chandreja: 917 mm.

Coba: 1.008 mm.

Taboazas: 2.316 mm.

Forçadas: 1.414 mm.

La Espasa: 1.489 mm.

Candedo: 1.594 mm.

Bretelo: 1.248 mm.

Casteloais (muy dudoso y correlación $r = 0,3$): 1.684 mm.

Para esta estación tenemos unos valores de precipitación demasiado dispares (valores anuales desde 900 mm., a 5.000 mm.). ¿Medidas mal hechas? ¿Pluviómetro en malas condiciones? ¿Extraordinarias condiciones locales? No sabemos: Tomaremos la media entre el valor calculado homogeneizado con Vigo y con Parafita, 2.498 mm., sólo como un indicio.

Vozqueimado: 1.293 mm.

Paradeseca: 1.308 mm.

b-5-5) Precipitación-altura

Vamos a obtener la correlación y la recta de correlación para la meseta y el núcleo Queija-San Mamed, incluyendo las estaciones de los cuatro valles, pero sin incluir las estaciones de Pereira y Cados Muíños, que están en condi-

ciones bastante distintas y no haríamos sino disminuirnos la correlación y falsearnos la recta de regresión.

ESTACION	h_i	p_i	$(h - h_i)$	$(p - p_i)$	$(h - h_i)^2$	$(p - p_i)^2$	$(h - h_i)(p - p_i)$
Baños de Molgas ...	518	842	+388	+ 519	150544	269261	+201372
Ginzo de Limia. ...	600	814	+306	+ 547	93636	299209	+167382
Laroa	643	814	+263	+ 547	69169	299209	+143861
Villaderrey	657	952	+249	+ 409	62001	167281	+101841
Lamolonga	800	1145	+106	+ 116	11236	46656	+ 22896
Correchouso.. ...	800	1339	+106	+ 22	11236	484	+ 2332
Candedo..	937	1594	— 38	— 233	1444	54289	+ 8854
La Espasa	947	1489	— 41	— 128	1681	16384	+ 5248
Rebordechao.. ...	950	1637	— 44	— 276	1936	76176	+ 12144
Candreja de Q... ..	957	917	— 51	+ 444	2001	197136	+ 22644
Bretelo	977	1284	— 71	+ 77	5041	5929	— 5467
Toro... ..	878	1283	— 72	+ 78	5184	6044	— 5616
Taboazas..	992	2316	— 86	— 955	7396	912025	+ 82130
Coba... ..	1000	1008	— 84	+ 353	8836	124608	— 33182
Paradeseca	1007	1308	—101	+ 53	10201	2809	— 5353
Vozqueimado.	1009	1293	—103	+ 68	10609	4624	— 7004
Montederramo	1020	1780	—114	— 419	12996	175561	+ 47766
Casteloais	1040	2498	—134	—1137	17956	1292769	+152358
Forcadas..	1100	1414	—194	— 53	37636	2809	+ 10282
Parafita de Q.	1194	1504	—288	— 143	82944	20449	+ 41184
<i>Suma</i>	18126	27231			604290	3973813	920384
<i>Media</i>	906	1361					

Coefficiente de correlación:

$$r = \frac{\Sigma (h - h_i)(p - p_i)}{\sqrt{\Sigma (h - h_i)^2 \Sigma (p - p_i)^2}} = \frac{920384}{\sqrt{604290 \times 3973813}} = \frac{920384}{\sqrt{2159623 \times 10^6}} = \frac{920384}{1469000} = 0.626$$

Es un coeficiente muy bajo. La correlación es muy poco significativa. Afortunadamente, la red de estaciones es bastante densa y podremos suplir este inconveniente con la mejor perfección del mapa de anomalías. En definitiva, esto es lo mismo que decir que, en esta región, trazamos el mapa pluviométrico a base casi sólo de los valores originales, prescindiendo bastante del método de correlación con la altura.

Sin embargo, debemos calcular la recta de regresión, como un auxiliar:

Recta de regresión:

$$p = \bar{p} + \frac{\sum (p - \bar{p})(h - \bar{h})}{\sum (h - \bar{h})^2} (\bar{h} - h) = 1361 + \frac{900384}{604290} (906 - h) = 1361 + 1,48 (906 - h)$$

b-5-6) Mapa de isanómalas

Del gráfico número 6 se deducen las siguientes anomalías locales:

Baños de Molgas..	+ 120	Toro... ..	— 190
Ginzo de Limia	— 30	Taboazas... ..	+ 800
Laroa... ..	— 110	Coba... ..	— 500
Villaderrey	0	Paradeseca	— 210
Lamalonga	— 20	Vozqueimado... ..	— 220
Correchouso	+ 130	Montederramo	— 220
Candedo	+ 200	Casteloais... ..	+ 900
La Espasa.	+ 60	Forcadas... ..	— 180
Rebordechao... ..	+ 200	Parafita de Queija	— 170
Chandreja de Queija..	— 510	Pereira.	+ 1500
Bretelo.	— 180	Cados Muíños	+ 1150

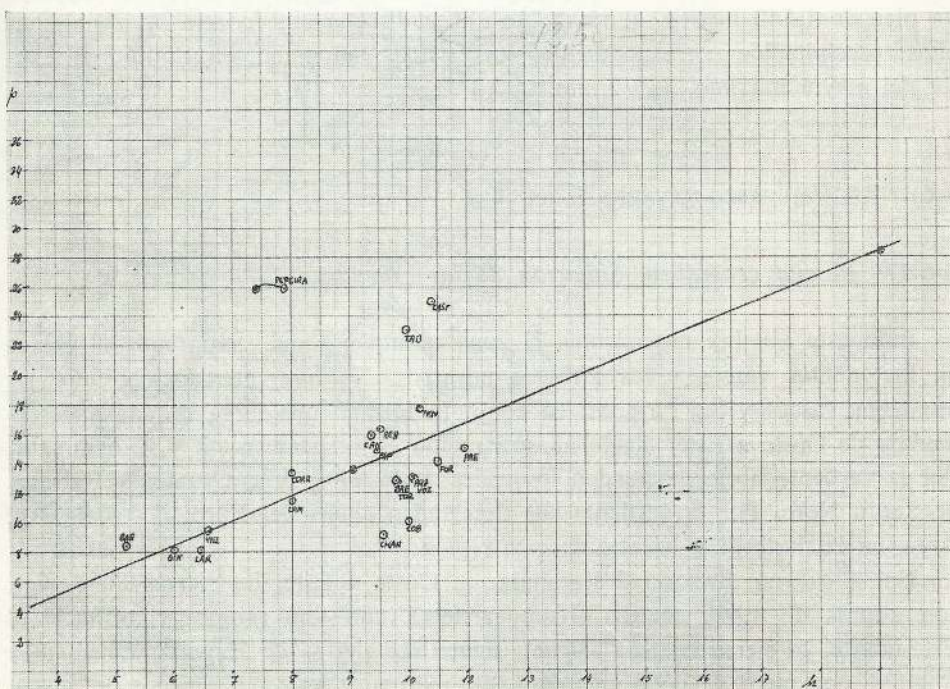


Gráfico núm. 6.—Limia. Precipitación-altura.

Precipitación: centenares de mm. Altura: centenares de m.

Debido a la extensión de la zona y su complejidad, nos hemos limitado a estudiar las zonas de máximos probables: las montañas orientales y occidentales. Esta última zona, la más lluviosa, presenta la dificultad de poseer sólo dos estaciones, con anomalía altísima y situación similar (en el valle, a casi la misma altura). El trazado de isanómalas es aquí muy dudoso. (Lo que podría hacerse es utilizar estaciones portuguesas de la frontera).

b-5-7) Mapa de isoyetas. Evaluación del máximo

Una vez más, la complejidad de la zona nos obliga a separarnos de nuestro método, ya tradicional. No podemos trazar isoyetas si no queremos que el mapa se reduzca en una terrible confusión de líneas. En un mapa aparte (mapa número 7) hemos situado los tres máximos más identificables de la región:

Máximo de *San Mamed*: altura tomada 1.400 metros; precipitación correspondiente, 2.000 mm.; anomalía, + 800 mm.; valor del máximo, 2.800 mm.

Máximo de *Queija*: altura tomada, 1.500 metros; precipitación correspondiente, 2.200 mm.; anomalía, + 700 mm.; valor del máximo, 2.900 mm.

Máximo del macizo *Occidental*: altura tomada, 1.200 metros; aunque haya un pico de 1.540 metros, el viento no choca directamente contra las zonas más altas; precipitación correspondiente, 1.700 mm.; anomalía, + 1.500 mm.; valor del mayor máximo, 3.200 mm.

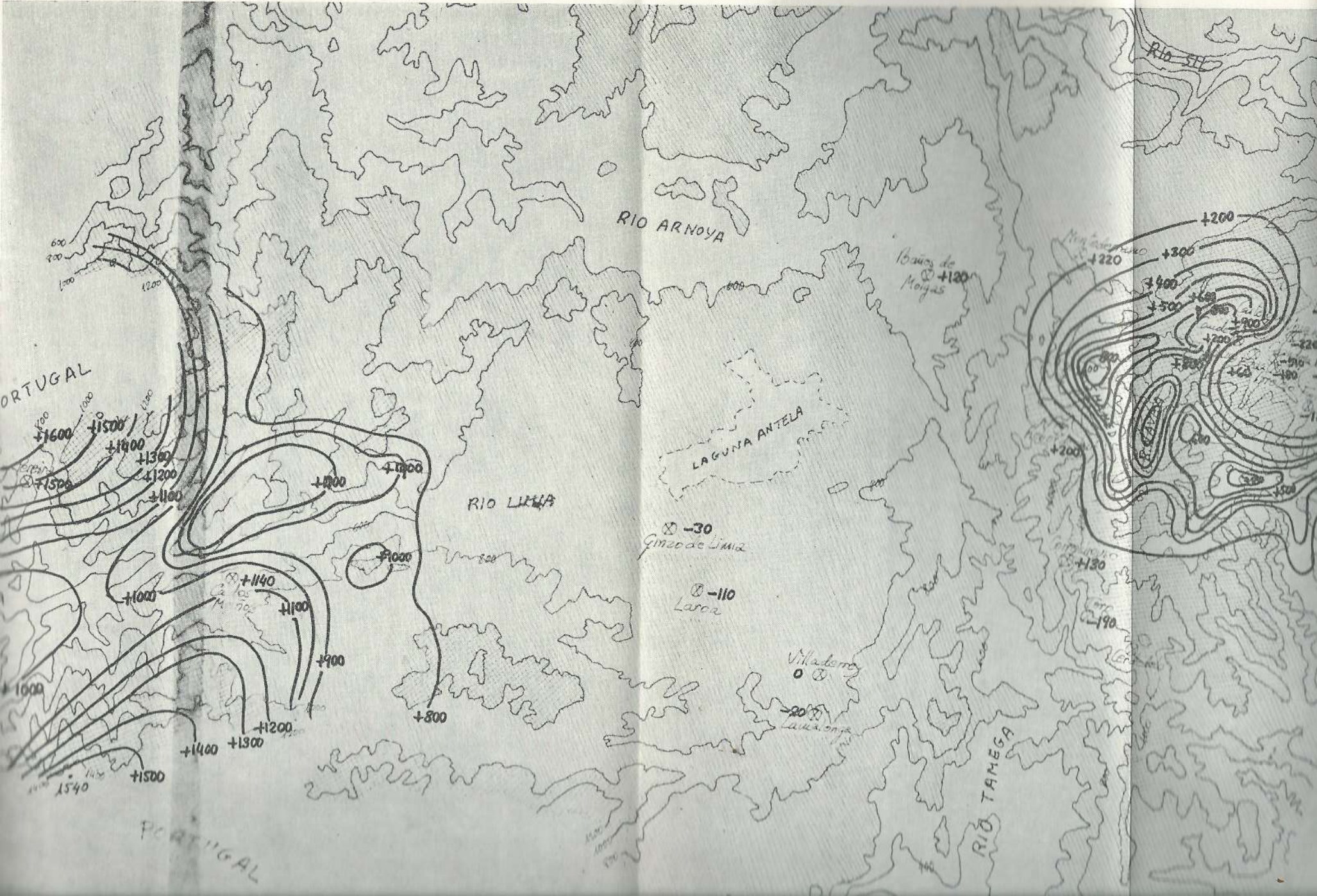
b-6) REGIÓN VASCO-NAVARRA

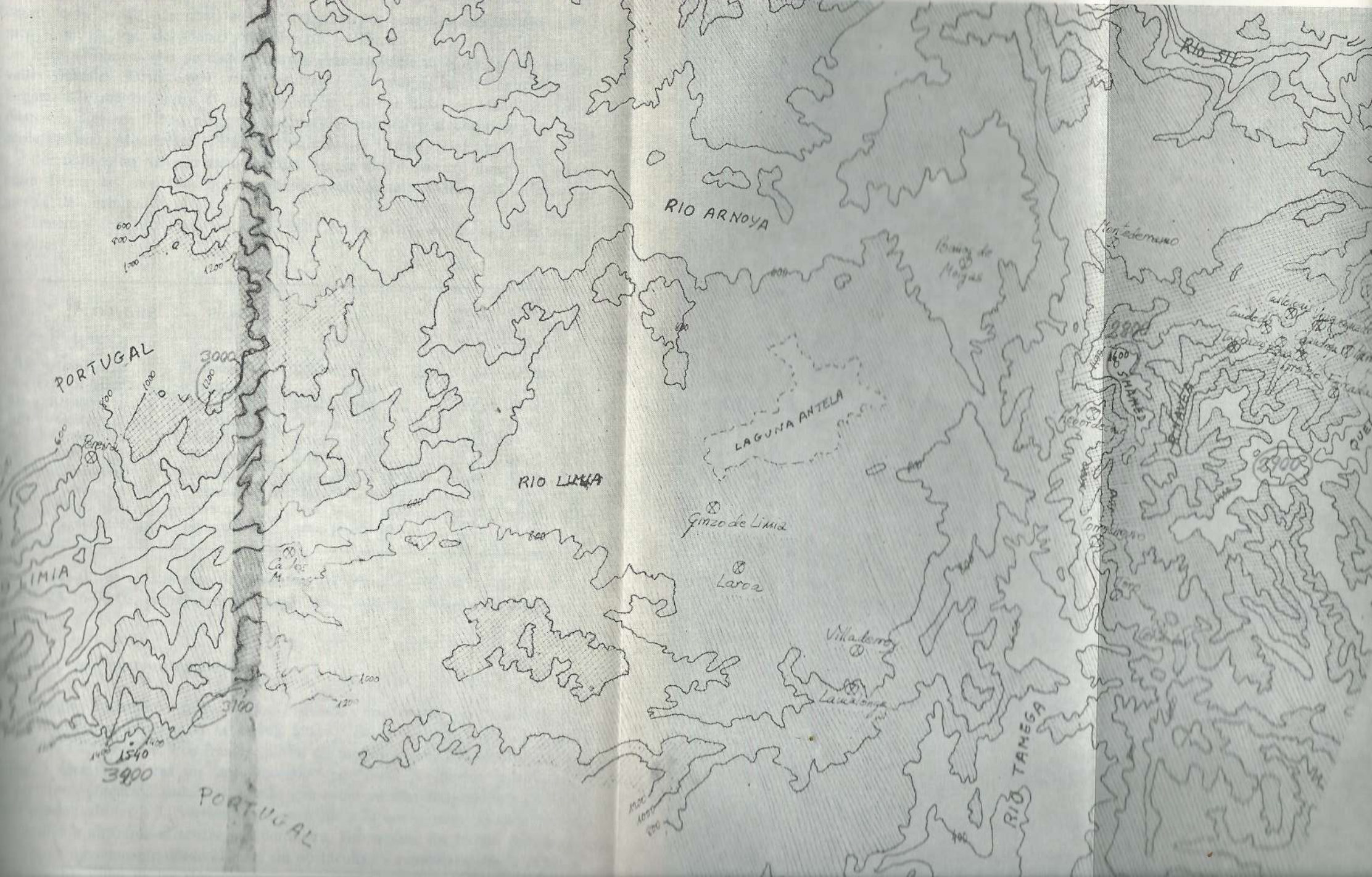
b-6-1) Reseña geográfica. Situación de las estaciones

Bajo este nombre entendemos la zona montañosa que comprende el enlace en los montes vascos y los Pirineos navarros. No hay interrupción entre las montañas vascas y los Pirineos; en conjunto forman una larga cadena que, extendida de Oeste a Este, divide nuestra región en vertiente norte y vertiente sur. Por la vertiente norte descenden los valles de los ríos Oria, Urumea y Bidasoa, de Sur a Nore. Por la vertiente sur descenden aguas del Ebro; destacamos el Arga, en la parte más oriental de esta región.

En la cadena divisoria destacamos, de Oeste a Este, las sierras de Aralar, con alturas de 1.427 metros (Irumugarrieta), con una prolongación hacia el Estesudeste, la sierra de San Miguel; siguen las sierras de Zuperri, Zuachapi y Charuta, con picos de poco más de 1.000 metros, y los ya pirenaicos de Saypa, 1.414 metros, y Adi, 1.459 metros, a ambos lados de la cabecera del Arga.

Al sur de esta línea montañosa, el terreno baja hacia el Ebro, pero este des-





censo se ve en algunas ocasiones interrumpido por sierras altas: Beriáin, 1.494 metros, en el límite del mapa, y Satrústegui, ya fuera.

Estribaciones de las ya citadas sierras avanzan hacia el Norte, separando los valles fluviales. Destacamos: monte Aitza, 1.306 metros, en el extremo este; Legate, 870 metros, entre el valle de Maya y el del Bidasoa; Mendaur, 1.136 metros, y Ecaitza, 1.034 metros, entre los del Bidasoa y el Urumea, y ya muy cerca del mar; Mondoegui, 1.043 metros, entre el Urumea y el Oria, etc.

Por último, un reborde montañoso de escasa altura discurre junto a la costa; entre éste y las montañas del interior se extiende una llanura de varios kilómetros de anchura.

Tenemos seis estaciones en la vertiente norte, y tres en la sur. Son las siguientes:

Núm.	NOMBRE	Provincia	Cuenca	Long. (e)	Lat.	Alt.
013	Irún.	Guipúzcoa ...	Bidasoa... ..	1,54	43,20	5
024 (e)	S. S.-Igueldo... ..	Guipúzcoa ...	—	—	—	259
016	Oyarzun	Guipúzcoa ...	Bidasoa, 102	1,53	43,17	280
020	Goizueta	Navarra... ..	Urumea, 103	1,50	43,10	155
021	Articuza	Navarra... ..	Urumea, 103-02.	1,54	43,13	300
033	Leiza	Navarra... ..	Oria, 104-08	1,46	43,05	495
271	Lecumberri.	Navarra... ..	Arga, 901-23-16-06-03..	1,47	43,00	571
272	Aldaz... ..	Navarra... ..	Arga, 901-23-16-06-03..	1,49	43,01	643
259	Alcoz... ..	Navarra... ..	Arga, 901-23-16-02. ...	2,01	43,00	554
257	Eugui-Olaverri.. ...	Navarra... ..	Arga, 901-23-16	2,12	43,01	760

El 103-02 es un afluente del Urumea; así como el 104-08 lo es del Oria, el 901-23-16-06-03, subafluente del Arga; 901-23-16-02, afluente del Arga.

b-6-2) Condiciones meteorológicas

Es región de dominio de los Nortes. Pedemos comprobarlos por la mayor precipitación que se observa, a la misma altura, en la vertiente norte, respecto de la sur. Es razonable. Los frentes cálidos de los temporales atlánticos (tipo A) llegan a esta región tras un largo recorrido por tierra peninsular (recordemos su preferente dirección sudoeste), por lo que están ya muy desgastados; en todo caso pueden afectar a la vertiente sur, pero no a la norte, pues ya sabemos lo que ocurre a un frente al cruzar una cordillera. En cambio, los frentes fríos pueden entrar directamente desde el mar, sin obstáculos, y remontarse hacia la divisoria por los valles de los ríos.

Recordemos su dirección noroeste. Lo mismo podríamos decir de las borrascas formadas en el Cantábrico (B-2). Los temporales del Norte son los que cogen de lleno a esta región, penetrando directamente por los ríos y estrellándose en la cordillera. El efecto orográfico produce entonces precipitación, aunque no haya frentes.

Podemos cifrar en un 65 por 100 el porcentaje de temporales de lluvia que afectan a este país (el mayor porcentaje en España es el lugar donde las lluvias son más frecuentes, aunque no más intensas). La dirección predominante es el Nor-noroeste. Los lugares de choque más directo serán (según se ve en el mapa, atendiendo a la dirección citada) la sierra de Ecaitza y, sobre todo, el macizo de Sayoa.

b-6-3) Datos originales

Irún: dieciséis años completos y catorce incompletos.

San Sebastián (Igueldo): treinta y dos años completos y cinco incompletos.

Oyarzun (Arditurri): trece años completos y nueve incompletos.

Goizueta: dos años completos y tres incompletos.

Articuza: nueve años completos y siete incompletos.

Leiza: dos años completos y cinco incompletos.

Lecumberri: siete años completos y tres incompletos.

Aldaz: cuatro años completos y uno incompleto.

Alcoz: cinco años completos y uno incompleto.

Eugui (Olaverri): un año completo y diez incompletos.

Pamplona: treinta y cuatro años completos.

b-6-4) Homogeneización

No hay problema para las estaciones del Norte. San Sebastián (Igueldo) tiene casi completa su serie pluviométrica: no hay más que usar el método de la media geométrica aproximada para rellenar lagunas. Todas las demás estaciones de la vertiente presentan series homogéneas con ella. Estaciones del Norte:

San Sebastián (Igueldo):

Media homogeneizada 1931-68: 1.522 mm.

Irún (Filosanitaria):

Media homogeneizada: 1.826 mm.

Oyarzun (Arditurri) (homogeneizada con Irún):

Media homogeneizada: 2.520 mm.

Goizueta:

Media homogeneizada: 1.872 mm.

Articuza:

Media homogeneizada: 2.649 mm.

Leiza:

Media homogeneizada: 2.024 mm.

Con las estaciones del Sur tenemos problemas. Ya dijimos que a esta vertiente la afectan algo los frentes cálidos (y en general lo que venga del Sudoeste). Parece entonces que debería tenerse en cuenta alguna estación próxima completa, que estuviese situada en el sur o sudoeste de la zona. Es el caso de Pamplona. Pero también deben influir las precipitaciones que se desprenden de las nubes que, procedentes del Norte, llegan a superar la cordillera. Deberá tenerse en cuenta San Sebastián. Hasta aquí lo que podemos juzgar a priori. Pero también tenemos los procedimientos de comparación de las series, para ver lo que nos conviene hacer.

Pamplona (Observatorio):

Suma 31-60: $30 \times 1077 = 32310$.

Suma 61-68: 7271,9.

Suma 31-68: 39583.

Media 31-68: 1.041 mm.

Eugui-Olaverri

Observamos una gran disparidad entre su serie y la de San Sebastián; en cambio, bastante similitud con la de Pamplona. Por lo tanto, homogeneizamos con Pamplona.

Media homogeneizada: 2.373 mm.

Alcoz:

Tenemos el caso contrario. No hay concordancia con Pamplona y sí la hay con San Sebastián.

Media homogeneizada: 1.415 mm.

Aldaz:

La homogeneización con Alcoz.

Media homogeneizada: 1.656 mm.

Lecumberri:

El paralelismo es imperfecto con San Sebastián, pero más con Pamplona. Tomamos la homogeneización con San Sebastián.

Media homogeneizada: 1.309 mm.

b-6-5) Precipitación-altura

Núm.	NOMBRE	h_i	p_i	$h - h_i$	$p - p_i$	$(h - h_i)^2$	$(h - h_i)(p - p_i)$
013	Irún	5	1826	397	173	157800	68710
020	Goizueta.. ...	155	1872	247	37	60950	9141
024	Igueldo	259	1522	143	387	20460	55340
016	Oyarzun... ..	280	2520	122	— 611	14890	— 74470
021	Articuza... ..	300	2649	102	— 740	10400	— 75510
033	Leiza.. ...	495	2024	— 93	— 115	8650	10690
259	Alcoz.. ...	554	1415	— 152	494	23120	— 75160
271	Lecumberri	571	1309	— 169	600	28580	— 101400
272	Aldaz.. ...	643	1656	— 241	253	58080	— 60950
257	Eugui.. ...	760	2300	— 358	— 391	128200	140000
	Suma... ..	4022	19093			511130	
	Media... ..	402	1909				
262	Pamplona.	466	1041				

Imposible valerse de la correlación, puesto que es negativa. [Los $(h - h_i)$ ($p - p_i$) positivos suman sólo 283881, y los negativos, 387490].

Hay que subdividir en vertiente norte y vertiente sur.

Vertiente norte

N.º	NOMBRE	h_i	p_i	$h - h_i$	$p - p_i$	$(h - h_i)^2$	$(p - p_i)^2$	$(h - h_i)(p - p_i)$
013	Irún	5	1826	247	283	60950	80089	69820
020	Goizueta	155	1872	97	197	9419	38809	19100
024	Igueldo.. ...	259	1522	— 7	549	49	299209	— 3846
016	Oyarzun	280	2520	— 28	— 441	783	194481	12360
021	Articuza	300	2649	— 48	— 580	2322	336400	27820
033	Leiza	495	2024	— 243	45	59020	2025	— 10840
	Suma... ..	1514	12413			132533	951013	114314
	Media... ..	252	2069					

Coefficiente de correlación,

$$r = \frac{\sum (h - h_i) (p - p_i)}{\sqrt{\sum (h - h_i)^2 \sum (p - p_i)^2}} = 0,32$$

No es en absoluto significativo. Pero no hay otra solución que usarla. Tendremos que apoyarnos en las anomalías. Suprimiendo Igueldo, que es demasiado “especial”, aumentaríamos la correlación. También Oyarzun y Articuza son bastante “especiales”.

Recta de regresión,

$$p = \bar{p} + \frac{\sum (h - h_i) (p - p_i)}{\sum (h - h_i)^2} (h - \bar{h}) = 2069 + \frac{114314}{132533} (h - 252) = p = 2069 + 0,86 (h - 252)$$

Vertiente sur

N.º	NOMBRE	h_i	p_i	$h - h_i$	$p - p_i$	$(h - h_i)^2$	$(p - p_i)^2$	$(h - h_i)(p - p_i)$
262	Pamplona... ..	446	1041	132	503	17420	253009	66630
259	Alcoz... ..	554	1415	44	129	1936	16641	5675
271	Lecumberri	571	1309	27	235	729	55225	6253
272	Aldaz... ..	643	1656	— 45	— 112	2023	12544	5035
257	Eugui... ..	760	2300	— 162	— 756	26240	571536	122500
	Suma... ..	2994	7721			48348	908955	195833
	Media... ..	598	1544					

Coefficiente de correlación, $r = 0,94$.

Recta de regresión,

$$p = 1544 + \frac{195833}{48348} (h - 598) = p = 1544 + 4,06 (h - 598)$$

En este caso hemos tenido que incluir Pamplona, porque, de lo contrario, las cuatro restantes estaciones están situadas a altura demasiado similar.

Nos presentamos con un problema nuevo. Ahora se pone de manifiesto que la aproximación lineal fracasó totalmente aquí, porque (según se ve en el gráfico

número 7), en la línea de cresta encontramos una considerable discrepancia entre la precipitación dada según la recta de una y otra vertientes. Una vez más nos

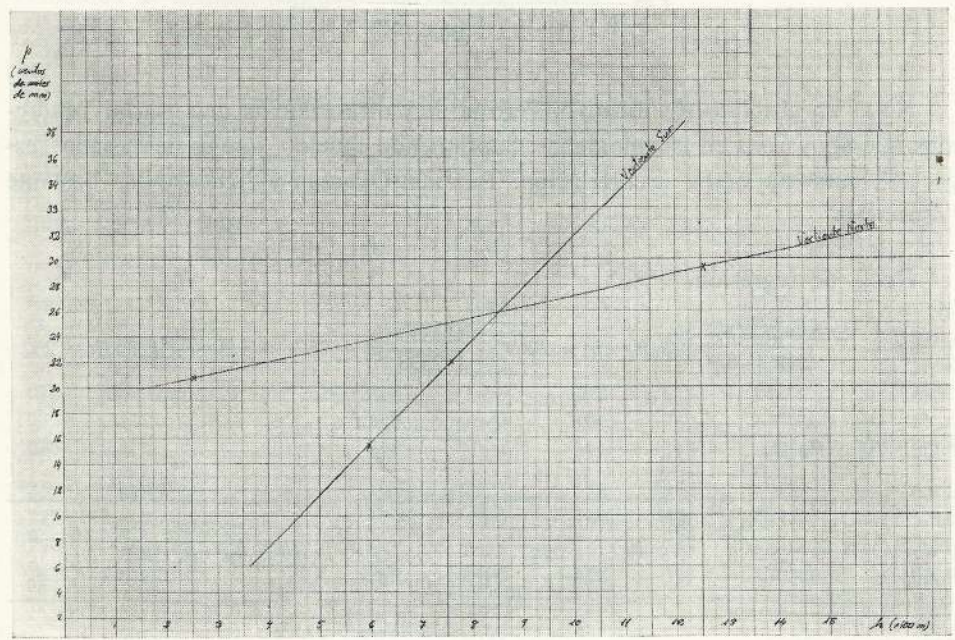


Gráfico núm. 7.—Zona vasco-navarra. Precipitación-altura.

apoyaremos en el mapa de anomalías para resolver una imperfección del método de la correlación.

b-6-6) Mapa de isanómalas

En una y otra vertientes tenemos las siguientes anomalías deducidas de las respectivas rectas de regresión:

Vertiente norte	p calc.	a	Vertiente sur	p calc.	a
Irún	1850	— 24	Pamplona.	990	+ 51
Goizueta... ..	1990	— 118	Alcoz..	1250	+ 165
Igueldo.	2080	— 558	Lecumberri	1430	— 121
Oyarzun... ..	2100	+ 420	Aldaz..	1640	+ 16
Articuza... ..	2120	+ 529	Eugui..	2202	+ 100
Leiza... ..	2280	— 256			

Para ajustar las dos rectas debemos considerar algo que ya dijimos en la parte teórica. A considerable distancia de las crestas los frentes se reproducen, de manera que la anomalía negativa de sotavento debe disminuir en valor absoluto con la distancia (a partir de un cierto umbral, por supuesto, porque al principio aumenta). Nos parece que la recta obtenida para la vertiente sur puede valer dentro de los límites del mapa para alturas comprendidas entre 800 y 500 metros; es donde se debe apreciar el aumento de anomalía negativa. En cambio, más al Sur, y a menor altura, aproximándose ya a Pamplona no puede valer aquella recta, pues debe pensarse en el nuevo aumento relativo (es decir, aumento de la anomalía) de la precipitación. Dejaremos sin dibujar el extremo sur del mapa y así no tenemos que ocuparnos de este problema.

A alturas superiores a 800 metros la precipitación dada por la recta de la vertiente sur empieza a superar a la dada por la vertiente norte, lo cual es contradictorio si las precipitaciones vienen del Norte, como suponemos. Solución: prescindir de la recta sur para alturas superiores a la citada de 800 metros.

El mapa de anomalías lo dibujaremos para una y otra vertientes, teniendo en cuenta los criterios acostumbrados y lo dicho más arriba, es decir, que no tendremos en cuenta la anomalía negativa que representa el efecto Fohen, por debajo de 800 metros, en la vertiente sur, porque allí empezamos a usar la recta sur, que, en sí, ya lo tiene en cuenta.

Dentro de la vertiente norte se dibujan dos núcleos de anomalía positiva máxima: + 600 mm. Ecaitza y Sayoa.

b-6-7) Mapa de Isoyetas. Evaluación del máximo

Hemos dibujado solamente las isoyetas de 1.500, 1.900, 2.300, 2.800 y 3.200 mm., para no complicar demasiado el mapa. Copiamos la correspondencia con la altura:

	Vertiente norte	Vertiente sur
200	2000	—
400	2200	—
600	2400	1600
800	2600	2400
1000	2700	—
1200	2800	—

El máximo de Ecaitza corresponde a 800 metros de altura con una anomalía de + 600, o sea, $2.600 + 600 = 3.200$ mm.

El de Sayoa corresponde a 1.000 metros, también con + 600 de anomalía, resultan $2.700 + 600 = 3.300$ mm. Es el mayor máximo de esta zona.

Zona vasco-navarra. *Máximo*: 3.300 mm., sierra de Sayoa.

b-7) GREDOS

b-7-1) *Reseña geográfica. Situación de las estaciones*

La sierra de Gredos, perteneciente al Sistema Central, está enclavada, como se sabe, en mitad de la cuenca atlántica peninsular. Se levanta como una mole imponente sobre el valle del Tajo, alcanzando los 2.600 metros en el pico del Moro Almanzor.

Es un macizo compacto y abrupto, sólo herido en su flanco sur por el profundo valle del río Jerte, que penetra hasta su corazón, dando lugar a una diferenciación en sierras.

Las aguas del Jerte descienden, desde el puerto de Tornavacas (1.200 metros), en la parte occidental de la sierra de Gredos, por un valle encajonado, orientado hacia el Sudoeste. A la derecha queda la sierra de Tras la Sierra: alcanza

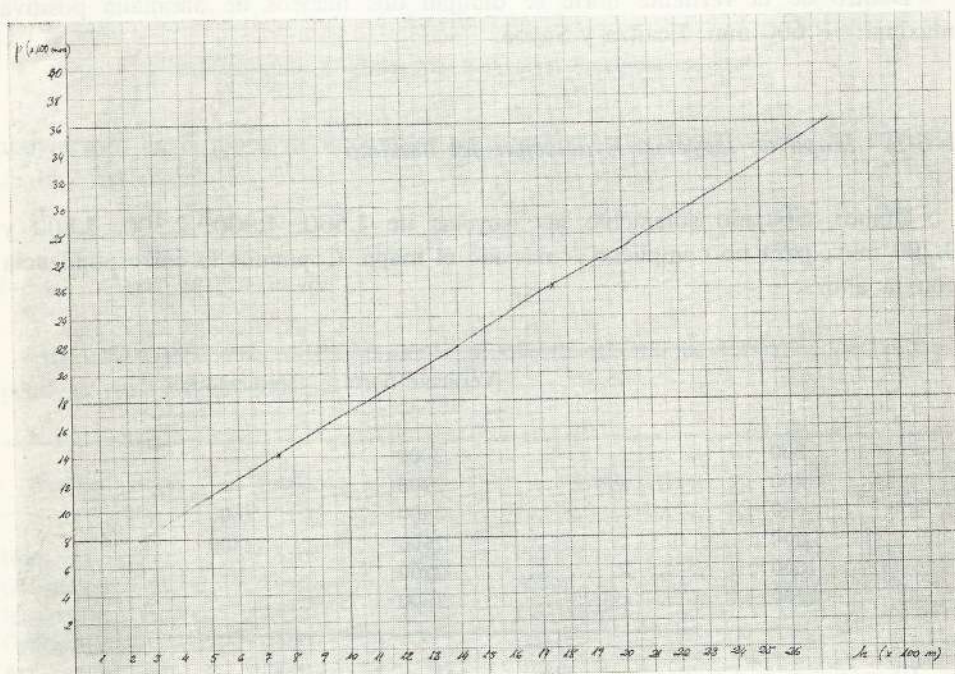


Gráfico núm. 8.—Gredos. Precipitación-altura.



1.700 metros. A la izquierda, las sierras de San Bernabé y Tormantos, con 1.800 metros.

Desde el puerto de Tornavacas, hacia oriente, se extiende la sierra de Gredos propiamente dicha, con una cresta casi nunca inferior a 2.000 metros, y que supera repetidamente los 2.400 metros, en pico de vivas aristas.

En la vertiente norte de Gredos desciende el valle del Tormes en un amplio circo, ramificado por los múltiples afluentes.

A continuación de Tras la Sierra, hacia el Nordeste y cerrando el circo por el Oeste, se levantan los 2.400 metros de la sierra Candelario. La cuerda que une esta sierra con la de Gredos, a través del puerto de Tornavacas, se llama sierra de Béjar.

La estructura topográfica de la pared norte de Gredos presenta las huellas de las glaciaciones cuaternarias; abundan los pequeños circos, de paredes vivas, con un pequeño lago en su centro. Tenemos la laguna del Duque, a 1.600 metros, a escasa distancia del puerto de Tornavacas, protegida por la sierra de Candelario. Al otro lado del puerto esta la laguna del Barco.

En la zona oriental de Gredos, a los pies del Almanzor, y a más de 2.000 metros, la laguna Grande de Gredos, en su famoso circo.

Tenemos dos saltos para producción de energía hidroeléctrica en la laguna del Duque.

Dos pluviómetros totalizadores de montaña:

N O M B R E	Cuenca	Altitud
Laguna del Barco	Tormes.. ...	1.610
Prado de los Pozos.. ...	Tormes.. ...	2.070

El segundo está situado en la desembocadura del circo de Gredos.

Estaciones pluviométricas:

Núm.	N O M B R E	Cuenca	Long.	Lat.	Altura
504	Hervás.	Alagón... ..	2,10	40,16	688
505	Aldeanueva del Campo.. ...	Alagón... ..	2,14	40,15	524
506	Abadía	Alagón... ..	2,18	40,16	447
507	Zarza de Granadilla.. ...	Alagón... ..	2,22	40,14	399
514	Tornavacas, "Parador del Medic"	Jerte	2,00	40,15	1250
515	Navaconcejo... ..	Jerte	2,10	40,09	496
516	Pironal	Jerte	2,10	40,07	1179
517	El Tormo.	Jerte	2,15	40,08	772
519	Plasencia... ..	Jerte	2,24	40,02	332

Núm.	N O M B R E	Cuenca	Long.	Lat.	Altura
405	El Arenal..	Tiétar... ..	1,24	40,16	891
406	El Hornillo	Tiétar... ..	1,25	40,15	746
407	Guisando... ..	Tiétar... ..	1,28	40,13	766
408	Arenas de San Pedro	Tiétar... ..	1,24	40,13	510

En la vertiente norte tenemos:

816	Valle de Iruelas... ..	Tormes.	1,39	40,16	2100
821	Navalonguilla..	Tormes.	1,49	40,17	1188
823	Nava del Barco... ..	Tormes.	1,51	40,18	1147
825	Gil García	Tormes.	1,54	40,18	1149

b-7-2) Condiciones meteorológicas

Los temporales que provienen del Sudoeste chocan con la sierra de Gredos, procediendo directamente desde el mar. En cambio, los de otras direcciones tienen más recorrido en tierra, teniendo que salvar otros obstáculos montañosos. Además se da la circunstancia de que Gredos es mucho más obstáculo desde el Sur que desde el Norte, porque su base sur está a sólo 400 metros sobre el nivel del mar, y, en cambio, su base norte es una plataforma o altiplanicie a 1.000 metros.

Debemos concluir que influirán los temporales atlánticos en sus frentes cálidos y los del golfo de Cádiz, especialmente. Dirección predominante, Sudoeste. La frecuencia de temporales será más baja que en el norte de España, pero éstos producirán lluvias intensas, ya que el efecto orográfico tiene que ser muy acusado.

En este sentido debe tener especial importancia la canalización producida por el valle del Jerte. Los otros dos valles de la vertiente sur (más abiertos), el Alagón, en el Oeste, y el Tiétar, en el Este, también canalizarán el mal tiempo. Se da la circunstancia de que los valles del Jerte y del Alagón nacen en las proximidades de la sierra Candelario, al oeste del puerto de Tornavacas, zona que ya podemos suponer de la mayor pluviosidad.

b-7-3) Datos originales

Las dos centrales hidroeléctricas de la laguna del Duque tienen saltos efectivos de 200 metros. Son las centrales del Chorro y de Taburdón. La primera tiene una potencia instalada de 864 kW., y la segunda, una potencia de 1.080 kW.

El rendimiento de las turbinas es de 0,86. Más adelante, trataremos de aprovechar estos datos.

Respecto a totalizadores, en un trabajo de Castañs se calcula la media homogeneizada para cuatro totalizadores, que desgraciadamente no hemos podido dar. Daremos los resultados en el párrafo de homogeneización.

Nosotros hemos homogeneizado los dos totalizadores que se citan en *b-7-1*). Los datos originales son:

	Período	Medida
Laguna del Barco... ..	27-6-30 a 17- 9-31	2.750
	21-8-32 a 15- 9-33	2.500
	20-8-35 a 28- 8-37	4.475
Prado de los Pozos.. ...	25-6-30 a 6- 8-31	1.460
	6-8-31 a 6- 8-32	1.313
	6-8-32 a 18- 9-33	2.450
	16-9-33 a 17- 8-34	1.150
	17-8-34 a 19- 8-35	1.150
	19-8-35 a 27- 8-37	4.775
	27-8-37 a 28-10-38	1.950

Por último, los datos originales de las estaciones pluviométricas son:

Hervás: trece años completos.

Aldeanueva del Camino: doce años completos y uno incompleto.

Abadía: diez años completos.

Tornavacas: dos años incompletos.

Navaconcejo: dos años completos y seis incompletos.

Piornal: cinco años completos y cuatro incompletos.

El Torno: cuatro años completos y tres incompletos.

Plasencia: seis años incompletos.

El Arenal: cuatro años completos y tres incompletos.

El Hornillo: cuatro años completos y tres incompletos.

Guisando, El Risquillo: seis años completos.

Arenas de San Pedro: seis años completos.

Valle de Iruelas: un año completo y dos incompletos.

Navalonguilla: doce años completos y uno incompleto.

Nava del Barco: ocho años completos y uno incompleto.

Gil García: dieciséis años completos.

b-7-4) *Homogeneización*

Respecto a la laguna del Barco tenemos lo siguiente: la potencia instalada naturalmente no es la potencia que produce la central continuamente; pero es evidente que si se instala una cierta potencia es que piensa poder aprovecharse con mucha frecuencia. Durante los estiajes, o en año seco, las turbinas producirán por debajo de sus posibilidades, por falta de caudal; en cambio, habrá épocas y años (probablemente cada año durante el deshielo) que un exceso de caudal saltará por los aliviaderos de la presa, sin poder aprovecharse; la central podría producir más. Pero es difícil saber si la potencia instalada es menor o mayor que la que podría obtenerse como media.

Si suponemos que la potencia instalada es la media, podemos calcular el valor medio de precipitación a la cuenca vertiente de la laguna. Esta cuenca tiene una extensión de 5,4 kilómetros cuadrados. La fórmula que nos relaciona el caudal que pasa por las turbinas, con la potencia producida y la altura del salto que se aprovecha, es:

$$Q = \frac{P}{h} = \frac{1.000 \text{ kW}}{200 \text{ m } 9,8 \times 10^{-8}} \quad 500 \text{ kg/seg} = 0,5 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este valor tiene que dividirse por el rendimiento

$$Q_{ef} = \frac{0,5}{0,86} \text{ m}^3/\text{seg} \quad 0,6 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Por lo tanto, la aportación anual (suponiendo que vale el valor instantáneo calculado, como media) será: $0,6 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ m}^3/\text{año}$, y corresponden a un espesor en la cuenca vertiente, dividiendo por su superficie, de

$$\frac{0,6 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60}{5,4 \times 10^6} \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

Es decir, que la precipitación media en la cuenca sería de 3.500 mm., valor más que suficiente para dar, como máximo absoluto de España la sierra Candenario con 4.000 mm., o más, de precipitación. Pero no debemos precipitarnos, pues ya sabemos que la potencia instalada puede ser superior a la media.

Los valores de los totalizadores homogeneizados por Castañs son los siguientes:

Cinco Lagunas	1.653 mm.
Los Pinarejos... ..	1.320 "
Santa María	2.567 "
Arroyo del Pinar... ..	2.480 "

Si el valor de Santa María confirma lo deducido de los valores hidroeléctricos. Si a 1.500 metros llueven 2.500 mm., y ésa es la altura de la presa, es bastante probable que las cumbres superen en bastante los 3.000 mm., o se acerquen a los 4.000.

Para homogeneizar nuestros totalizadores y estaciones pluviométricas nos basamos en datos de Cáceres.

Media para el treintenio 1931-60: 482 mm.

Media 1931-68: 489 mm.

Totalizador de *Laguna del Barco*, 1.610 metros.

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Año completo 21-8-32 a 15-9-33:} & 2.500 \\ \text{Gil García:} & 1.284 \end{array} \right\} R = 1.189 \times 1,95 = 2.319 \text{ mm.}$$

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Período 20-8-35 a 28-8-37:} & 4.475 \\ \text{Gil García:} & 3.586 \end{array} \right\} R = 1.189 \times 1,25 = 1.486 \text{ mm.}$$

Totalizador de *Gredos (Prados de los Pozos)*, 2.070 metros.

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Año completo 6-8-32 a 18-9-33:} & 2.450 \\ \text{Gil García:} & 1.290 \end{array} \right\} R = 1.189 \times 1,89 = 2.247 \text{ mm.}$$

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Período 6-8-31 a 19-8-35:} & 6.063 \\ \text{Gil García:} & 4.066 \end{array} \right\} R = 1.189 \times 1,49 = 1.772 \text{ mm.}$$

¿Funcionaron bien sólo en 32-33? En este caso podría establecerse el valor 2.500 para ambos, aunque con reparos.

Hervás

Tenemos la media homogeneizada para el período 1931-60, por el S. M. N. Es 1.213 mm.

Homogeneización hecha con Cáceres.

Seguimos homogeneizando con Cáceres.

Media homogeneizada 31-68: 1.225 mm.

Las letras no significan lo acostumbrado, pero sigue siendo la expresión de la constancia de la razón (una proporcionalidad).

Aldeanueva del Camino

Media homogeneizada con Cáceres para 1931-60: 891 mm.

Media homogeneizada para 1931-68: 900 mm.

Abadía

Media homogeneizada con Cáceres para 1931-60: 743 mm.

Media homogeneizada para 1931-68: 750 mm.

Tornavacas "Parador del Medio"

Seguimos en la vertiente sur y, por lo tanto, homogeneizamos con Cáceres (ya que el S. M. N. lo hizo con las otras estaciones). Método clásico.

Media homogeneizada: 2.145 mm.

Navaconcejo

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 1.496 mm.

Piornal

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 1.780 mm.

El Torno

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 1.447 mm.

Plasencia

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 875 mm.

El Arenal

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 1.428 mm.

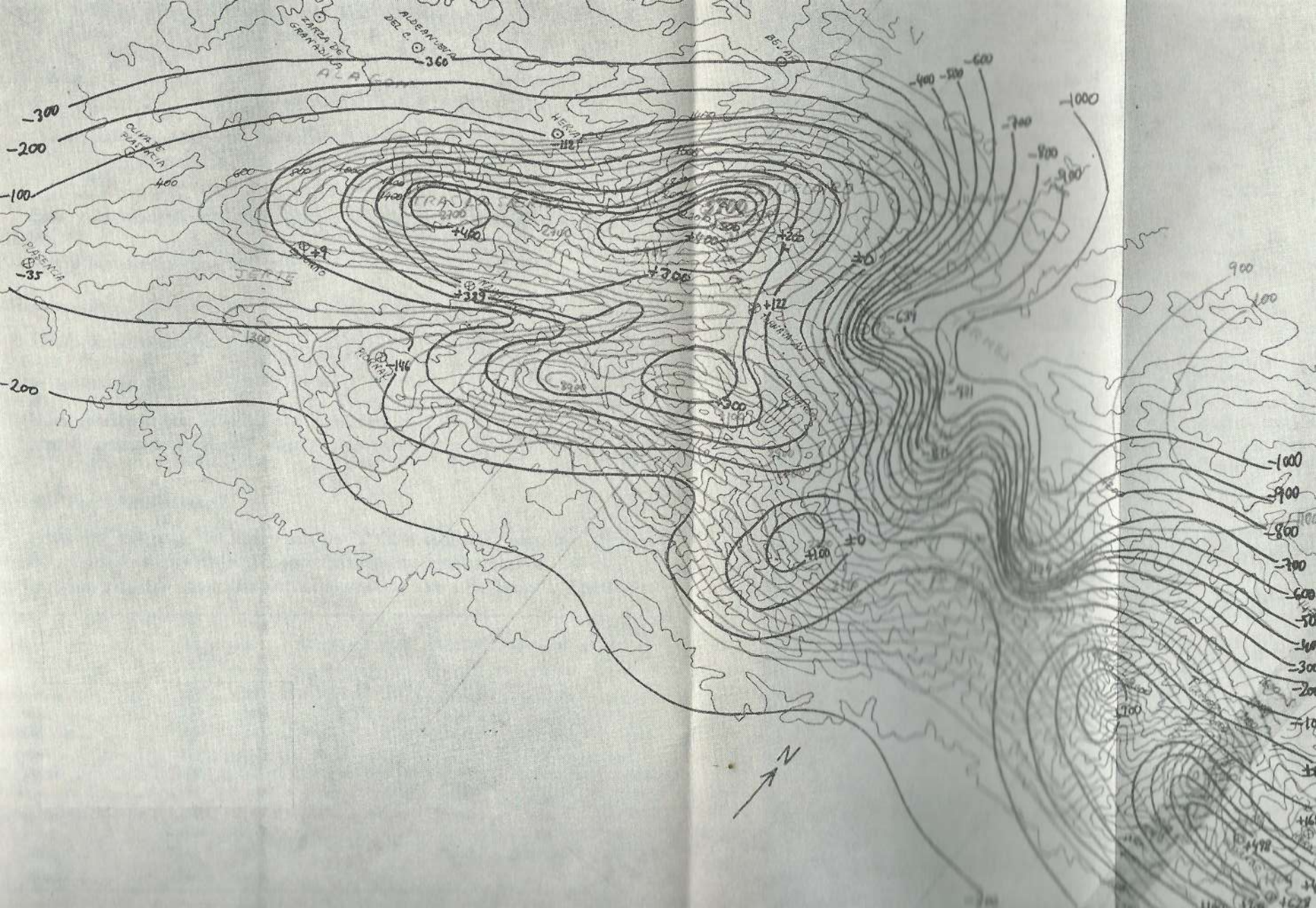
El Hornillo

Cáceres. Método clásico.

Media homogeneizada: 1.575 mm.

Guisando

Ha sido homogeneizada, para el período 1931-60, por el S. M. N., con una estación distinta de Cáceres. Lo mismo les ocurre a todas las estaciones que vienen a continuación. Las hemos homogeneizado para el período 1931-68 por el método ya utilizado: precipitación en 31-60, por el factor 1,01 (pasa del 31-60



al 31-68). No creemos introducir un gran error porque la precipitación en el período 1931-60, ya puede considerarse bastante estable.

$$R = 1.744 \times 1,01 = 1.761 \text{ mm.}$$

Gil García

$$R = 1.177 \times 1,01 = 1.189 \text{ mm.}$$

(Ya ha sido utilizado para los totalizadores.)

Nava del Barco

Esta y la siguiente han sido homogeneizadas con Cáceres, por el método clásico.

Media homogeneizada: 905 mm.

Navalonguilla

Media homogeneizada: 1.061 mm.

Valle de Iruelas

Homogeneizado con Abadía, por necesidad.

Media homogeneizada: 855 mm.

b-7-5) Precipitación altura

Tomamos solamente las estaciones de la tabla siguiente, para que estén en condiciones meteorológicas lo más aproximadamente iguales posible. Las otras las utilizaremos para las anomalías en las alturas de sierra de Béjar y Candelario.

	h_i	p_i	$h_i - h_i$	$p - p_i$	$(h - h_i)^2$	$(p - p_i)^2$	$\frac{(h - h_i)}{(p - p_i)}$
Plasencia.. ...	332	875	416	534	173056	285156	222144
Navaconcejo.. ...	496	1496	252	— 87	63504	7569	— 21924
Aldeanueva... ..	524	900	224	509	50176	259081	114016
Hervás	688	1225	60	184	3600	33856	11040
El Torno	772	1447	— 24	— 38	576	1444	912
Piornal	1179	1780	— 431	— 371	185761	137641	159906
Tornavacas	1250	2145	— 502	— 736	252004	541696	369472
<i>Suma</i>	5241	9868			728697	1266443	876566
<i>Media</i>	748	1409					

$$p = 1409 + \frac{876566}{728697} (h - 748) = 1409 + 1203 (h - 748)$$

$$\text{a 2.200 metros : } p = 3146$$

Coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum (p - p_i) (h - h_i)}{\sqrt{\sum (h - h_i)^2 \sum (p - p_i)^2}} = \frac{876566}{921648000000} = 0,96$$

Es un buen coeficiente. Podemos confiar en la recta de regresión que obtenemos.

Recta de regresión:

$$p = 1409 + \frac{876566}{728697} (h - 748) = 1409 + 1203 (h - 748)$$

b-7-6) Mapa de isanómalas

Tenemos en las estaciones las siguientes anomalías:

	Polos	p. calc.	a		Obs.	Calc.	a
Palencia. ...	875	910	— 35	Arenas... ..	1761	1123	+ 628
Navaconcejo ...	1496	1107	+ 389	El Hornillo. ...	1575	1407	+ 168
Aldeanueva... ..	900	1260	— 360	Guisando	1931	1433	+ 498
Hervás... ..	1225	1337	— 112	El Arenal... ..	1428	1581	— 53
El Torno	1447	1438	+ 9	Nava del B. ...	905	1826	— 921
Piornal... ..	1780	1926	— 146	Gil García... ..	1189	1828	— 639
Tornavacas.. ..	2145	2023	+ 122	Navalanguilla...	1061	1937	— 876

Valle de Iruelas: 2.100 m. 855 mm., 3.029 — 2.174 ?

b-7-7) Isoyetas. Evaluación del máximo

Tenemos (de la recta de regresión) la siguiente correspondencia entre precipitación y altura:

400 m.	1.000 mm.	1.600 m.	2.400 mm.
600 "	1.200 "	1.800 "	2.700 "
800 "	1.500 "	2.000 "	2.900 "
1.000 "	1.700 "	2.200 "	3.100 "
1.200 "	1.900 "	2.400 "	3.400 "
1.400 "	2.200 "		

Nos resulta un máximo de pluviosidad en la sierra Candelario, cuya altura efectiva podemos cifrar en 2.200 metros (3.100 a 3.200 mm.), con una anomalía positiva de 500 mm., arroja una pluviosidad de casi 3.700 mm.

Zona de Gredos: *Maximo: 3.700 mm.* Sierra Candelario-Béjar.

b-8) CORDILLERA CANTÁBRICA

Abandonamos el procedimiento que hemos seguido hasta ahora.

El meteorólogo Mateo tiene publicados varios trabajos sobre la climatología del país asturiano. Entre ellos, un trabajo de pluviometría. En él trazó un mapa pluviométrico.

Se da la circunstancia que las mayores alturas de la Cordillera Cantábrica, los Picos de Europa (2.600 m.), están situadas en el límite de las provincias de Santander y Asturias y, por lo tanto, el mapa pluviométrico de Asturias puede servirnos para decir algo de su pluviosidad. Concretamente, el punto que consideramos de mayor precipitación de la Cordillera Cantábrica es el macizo occidental (cabecera del río Sella), que está situado a muy pocos kilómetros del mar. En esta región, las condiciones meteorológicas son idénticas a las descritas para nuestra zona vasco-navarra. La precipitación, por detención, en las montañas tiene una gran importancia.

Podemos obtener una correlación aproximada con la altura a base de la observación del mapa. La obtendremos de las isoyetas dibujadas en la sierra de Covadonga, del macizo occidental de los Picos de Europa, por la situada en condiciones más favorables para la precipitación orográfica.

A 400 metros de altura, 1.300 mm. de precipitación.

A 1.200 metros de altura, 1.900 mm. de precipitación.

Es decir, la pendiente es de 600 mm. por 800 metros. La altura efectiva del macizo puede darse en 2.400 mm., como máximo. Resultaría un aumento de precipitación desde los 1.200 metros, de 900 mm., o sea que podemos estimar, como cota para el máximo, 2.800 mm.

Los valores de este mapa están tomados para los años 1930-55. Observando la serie pluviométrica de Santander, vemos que entre los años 1955 a 1968 no se debe producir variación sensible en la media.

NOTA.—Se han cometido algunos errores en el trazado de isoyetas del ángulo inferior derecho del mapa. No los hemos corregido porque no afectan a la región de máxima pluviosidad.

Datos anuales de Santander:

1931... ..	1.294,4	1950... ..	1.385,2
1932... ..	1.242,1	1951... ..	1.382,5
1933... ..	1.455,3	1952... ..	1.607,7
1934... ..	1.101,8	1953... ..	981,9
1935... ..	1.124,9	1954... ..	1.221,8
1936... ..	1.414,3	1955... ..	1.144,5
1937... ..	1.192,8	1956... ..	1.064,4
1938... ..	1.221,1	1957... ..	1.038,2
1939... ..	1.259,6	1958... ..	1.112,8
1940... ..	1.227,5	1959... ..	1.329,3
1941... ..	1.052,1	1960... ..	1.471,5
1942... ..	1.106,7	1961... ..	1.110,9
1943... ..	1.133,2	1962... ..	1.134,0
1944... ..	1.088,0	1963... ..	1.072,3
1945... ..	1.035,7	1964... ..	1.437,1
1946... ..	1.211,9	1965... ..	
1947... ..	941,0	1966... ..	
1948... ..	908,0	1967... ..	1.345,0
1949... ..	1.299,2	1968... ..	1.245,6

La Cordillera Cantábrica es muy extensa. Cabe la posibilidad de que hubiese máximos más importantes en otras zonas más orientales. Utilizamos los datos de una selección de estaciones:

San Juan de Redondo (Palencia, 1.202 metros): cinco años completos y dos incompletos.

Casavegas (Palencia, 1.218 metros): dos años completos y dos incompletos.

Santa Marina de Valdeón (León, 1.158 metros): dos años completos.

Pembes (Santander, 1.000 metros): seis años incompletos.

La Vega de Liébana (Santander, 467 metros): un año completo y un año incompleto.

Barreda de Potes (Santander, 700 metros): tres años incompletos.

Abiada (Santander, 1.163 metros): tres años completos y uno incompleto.

Mazandredo (Santander, 1.012 metros): dos años completos y tres incompletos.

Medias homogeneizadas con Santander:

Estación 110.—Santander:

Media homogeneizada: 1.251 mm.

Estación 222.—San Juan de Redondo:

Media homogeneizada: 976 mm.

Estación 223.—Casavegas:

Media homogeneizada: 926 mm.

Estación 178.—Santa Marina de Valdeón:

Media homogeneizada: 1.201 mm.

Estación 168.—Pembes:

Media homogeneizada: 1.226 mm.

Estación 171.—La Vega de Liébana:

Media homogeneizada: 663 mm.

Estación 173.—Barreda de Potes:

Media homogeneizada: 600 mm.

Estación 002.—Abiada:

Media homogeneizada: 1.176 mm.

Estación 003.—Mazandredo:

Media homogeneizada: 1.263 mm.

Con estos valores vamos a un gráfico (gráfico número 9) de precipitación altura y trazamos (a estima) dos rectas, aproximadamente "máxima" y "mínima", para evaluar un máximo a unos 2.200 metros.

Cota superior del máximo en Cordillera Cantábrica oriental: 2.500 mm.

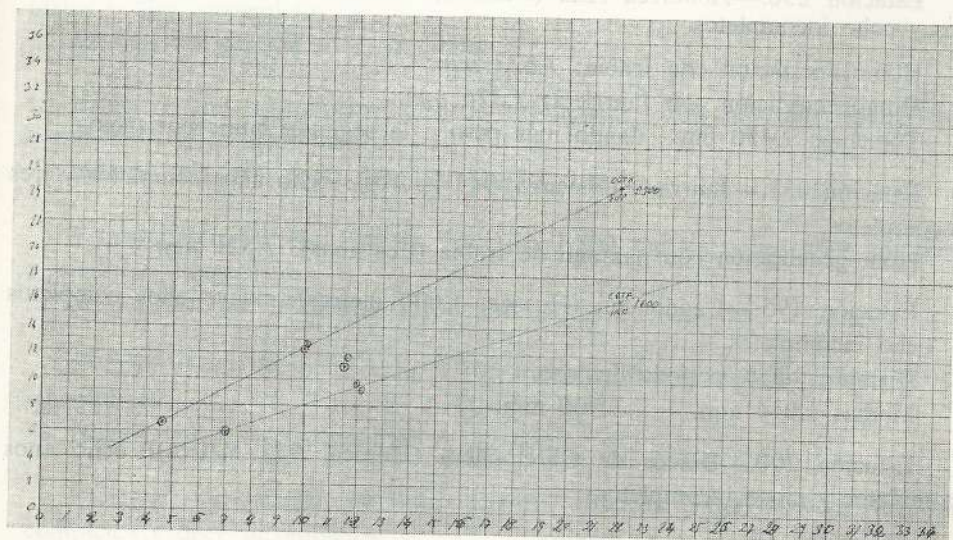


Gráfico núm. 9.—Cordillera Cantábrica. Precipitación-altura.

b-9) ZONA DE PIRINEOS

Si consideráramos extensa la Cordillera Cantábrica, más dificultad tenemos en los Pirineos. Es imposible para una sola persona realizar un mapa completo de precipitación en los Pirineos, para el espacio de tiempo de que disponemos. Nuevamente nos limitamos a una evaluación aproximada.

Hemos consultado un gran número de estaciones seleccionadas con variedad de datos:

Estación 218.—Isaba (Navarra, 814 metros): once años completos y veintuno incompletos.

Homogeneización (Irabia): 1.169 mm.

Estación 228.—Pantano de Irabia (Navarra, 800 metros): catorce años completos y quince incompletos.

Homogeneización

No hay correlación con Pamplona. Tomo la media de los veinte años completos y completados (suma = 33.529,3), añadiendo la influencia del período 59-65 de acuerdo con Jaurrieta, que da $12.081,2 \times 1,18 = 15.055,8$, o sea:

$$R = \frac{48585,1}{27} = 1.899 \text{ l/m}^2$$

Estación 236.—Abaurrea Alta (Navarra, 1.032 metros): seis años completos y ocho incompletos.

Homogeneización con Irabia: 1.673 mm.

Homogeneización con Jaurrieta: 1.376 mm.

Tomemos 1.450 mm., dando más peso a la segunda homogeneización.

Estación 237.—Jaurrieta (Navarra, 913 metros): ocho años completos y tres incompletos.

Homogeneización con pantano de Irabia (tres años): 1.529 mm.

Estación 195.—Candanchú (Huesca, 1.600 metros): nueve años completos y ocho incompletos.

Disminuir algo; período lluvioso.

Media: 1.944 mm. 1.900 mm.

Estación 200.—Bescós de Garcipollera (Huesca, 932 metros): ocho años completos y cinco incompletos.

Disminuir algo; período lluvioso.

Media: 1.092 mm. 1.070 mm.

Estación 202.—Jaca (Huesca, 818 metros): trece años completos y diez incompletos.

Aumentar algo, falta un período algo lluvioso.

Media: 918 mm. 930 mm.

Estación 208.—Aragüés del Puerto (Huesca, 833 metros): tres años completos.

Jaca: $930 \times 1,35 = 1.255 \text{ mm.}$

Estación 445.—Sallent de Gállego, "Formigal" y "Farco" (Huesca, 1.800 y 2.000 metros): tres años incompletos.

Homogeneización con Sallent de Gállego: 1.510 mm.

Estación 446 e.—Sallent de Gállego (Huesca, 1.305 metros): ocho años completos y once incompletos.

Catorce años: 19.531,7. Relación entre ese período y el total para Estangento:

$$\frac{\text{Total}}{32-53-68} = \frac{1349}{1418} = 0,95$$

Media catorce años: 1.395. Media: $1.395 \times 0,95 = 1.325 \text{ mm.}$

Estación 687.—Lago Tort (Lérida, 2.489 metros): dos años incompletos.

Media homogeneizada: 1.171 mm.

Estación 688.—Lago Estangento (Lérida, 2.174 metros): veintiocho años completos y diez incompletos.

Media homogeneizada: 1.346 mm.

Estación 783.—Undiceto "Central" (Huesca, 1.700 metros): cuatro años completos y trece incompletos.

Homogeneización Presa Barrosa: 1.236 mm.

Estación 784.—Presa Barrosa (Huesca, 1.500 metros): diez años completos y veintiuno incompletos.

Se puede tomar la media: 1.166 mm.

Estación 734.—Senet (Lérida, 1.103 metros): cuatro años completos y ocho incompletos.

Homogeneización Estangento: 1.130 mm.

Estación 738.—Caldas de Bohí "Central" (Lérida, 1.500 metros): dos años completos y doce incompletos.

Media homogeneizada: 1.184 mm.

Estación 740.—Erilavall (Lérida, 210 metros): tres años completos y tres incompletos.

Media homogeneizada: 902 mm.

Estación 741.—Bohí "Central" (Lérida, 210 metros): tres años completos y ocho incompletos.

Media homogeneizada: 1.238 mm.

Estación 459.—Asques y Bolas (Huesca, 1.100 metros): doce años completos.

Media: 1.044,5. Media homogeneizada (Villamint): 1.028,8 mm.

Estación 454.—Biescas (Huesca, 875 metros): veinticinco años completos.

Media: 1.076,0? Media homogeneizada (Villamint): 1.157,4 mm.

Estación 815.—Broto (Huesca, 1.005 metros): diez años completos.

Media: 1.068,8. Media homogeneizada (Villamint): 1.027,4 mm.

Estación 452.—El Pueyo de Jaca (Huesca, 1.091 metros): diecinueve años completos.

Media: 1.158,0. Media homogeneizada (Panticosa): 1.166,4 mm.

Estación 451.—Panticosa (Huesca, 1.184 metros): treinta años completos.

Media homogeneizada: 1.547,2 mm.

Con estos datos homogeneizados queremos evaluar máximos en distintas zonas.

Reproducimos un mapa (mapa número 10) en el que hemos trazado la isohipsa de 1.600 metros, y localizado las anteriores estaciones.

— Alturas superiores a 1600 m
- - - - - Frontera

Alturas efectivas

- (1) 1800 m
- (2) 2200 m
- (3) 2300 m
- (4) 2500 m
- (5) 2600 m

Pirineos
Máximos probables



Mapa núm. 10.—Pirineos. Máximos probables.

Marcamos también las zonas probables de máximo pluviométrico y evaluamos su altura efectiva atendiendo a los vientos húmedos (superiores que Noroeste) y a la extensión de las cumbres. Creemos que en las tierras muy altas debe hacerse, de por sí, una reducción de la altura efectiva teniendo en cuenta que durante la ascensión se ha perdido mucha agua y que, por lo tanto, la precipitación debe llegar un momento en que ya no aumente (incluso puede que disminuya).

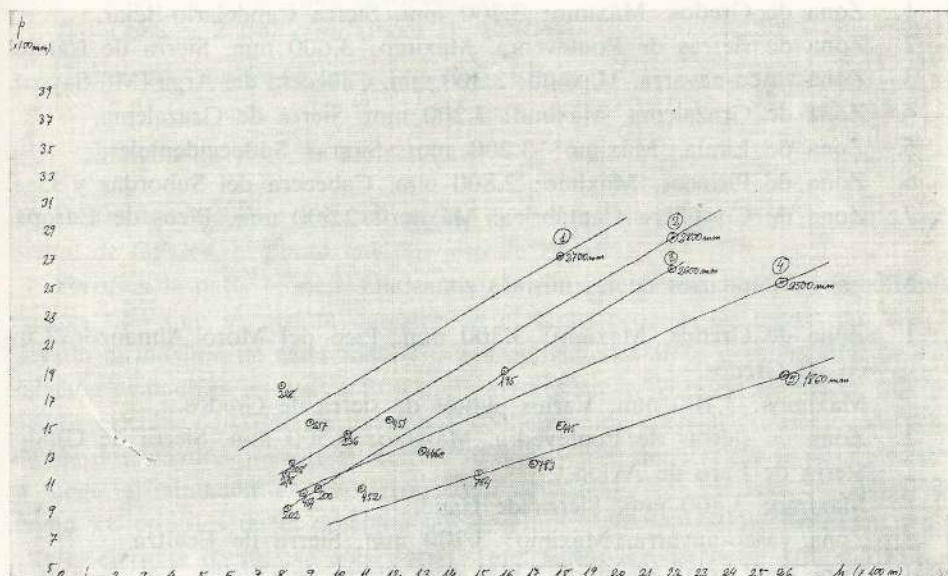


Gráfico núm. 10.—Pirineos. Estimación de máximos (precipitación-altura).

Llevamos los valores de precipitación en las estaciones a un gráfico precipitación-altura (gráfico número 10) y trazado a estima una recta para cada zona de máximo y teniendo en cuenta su altura efectiva evaluamos éstos. Los resultados son:

1. Cabecera del Irati (Aragón). 2.700 mm.
2. Cabecera del Subordás y Gas (Aragón): 2.800 mm.
3. Cabecera del Aragón: 2.600 mm.
4. Cabecera del Gállego: 2.500 mm.
5. Cabecera del Segre: 1.860 mm.

c) CONCLUSIONES

c-1) RELACIÓN DE LOS MÁXIMOS OBTENIDOS, POR ORDEN DE SU IMPORTANCIA (1931-68)

1. Zona de Gredos. Máximo: 3.700 mm. Sierra Candelario-Béjar.
2. Zona de sierras de Pontevedra. Máximo: 3.600 mm. Sierra de Cando.
3. Zona vasco-navarra. Máximo: 3.300 mm. Cabecera del Arga (Mt. Sayoa).
4. Zona de Grazalema. Máximo: 3.200 mm. Sierra de Grazalema.
5. Zona de Limia. Máximo: 3.200 mm. Sierras Sudoccidentales.
6. Zona de Pirineos. Máximo: 2.800 mm. Cabecera del Subordás y Gas.
7. Zona de Cordillera Cantábrica. Máximo: 2.500 mm. Picos de Europa.

Máximos secundarios de las mismas zonas:

1. Zona de Gredos. Máximo: 3.300 mm. Pico del Moro Almanzor. Circo de Gredos.
Máximos: 3.100 mm. Varios puntos de sierra de Gredos.
2. Zona de sierras de Pontevedra. Máximo: 3.500 mm. Sierra de Guido.
Sierra de Faro de Avión.
Máximo: 3.400 mm. Sierra de Cando.
3. Zona vasco-navarra. Máximo: 3.200 mm. Sierra de Ecaitza.
4. Zona de Limia. Máximo: 2.900 mm. Sierra de Queija.
Máximo: 2.800 mm. Sierra de San Mamed.
5. Zona de Pirineos. Máximo: 2.700 mm. Cabecera del Irati.

Para que sea posible la comparación con el mapa pluviométrico del S. M. N., para el período 1931-60, nos parece conveniente reducir los máximos principales a este período. Para ello elegimos una estación principal en cada zona y obtenemos la razón 1931-68/1931-60. Esta razón será el factor que habrá que multiplicar por el máximo correspondiente para reducir su valor al período 1931-60.

Estaciones que elegimos:

1. Zona de Gredos: Cáceres. Razón: 0,985.
2. Zona de sierras de Pontevedra: Vigo. Razón: 0,970.
3. Zona vasco-navarra: San Sebastián. Razón: 0,989.
4. Zona de Grazalema: Grazalema. Razón: 0,931.
5. Zona de Limia: Vigo. Razón: 0,989.
6. Zona de Pirineos: Pamplona. Razón: 1,03.
7. Zona de Cordillera Cantábrica: Santander. Razón: 0,960.

Los máximos para el período 1931-60 resultarán:

1. $3.644 \simeq 3.600$ mm. (Gredos).
2. $3.492 \simeq 3.500$ mm. (Cando, Pontevedra).
3. $3.263 \simeq 3.300$ mm. (Sayoa, Navarra).
4. $2.979 \simeq 3.000$ mm. (Grazalema).
5. $3.164 \simeq 3.200$ mm. (Limia).
6. $2.884 \simeq 2.900$ mm. (Pirineos).
7. $2.688 \simeq 2.700$ mm. (Picos de Europa).

Grazalema cambia su lugar por el de Limia.

c-2) MÁXIMO DE ESPAÑA PENINSULAR

Debemos concluir que es el macizo de Candelario-Béjar, en el extremo occidental de Gredos, el punto más lluvioso de España.

Pero, en la parte teórica, fuimos viendo cómo se podían calcular los distintos errores tipo que se podían cometer en el largo proceso de datos que nos ha llevado al máximo de cada zona. Errores individuales en la precipitación de cada estación evaluables en 100 ó 200 mm.; errores en la recta de regresión, que podemos calcular como media cuando el coeficiente de correlación es elevado (caso de los dos mayores máximos), entre 200 mm. y 500 mm., según la altura y zona, y luego disminución de los errores por aplicación del método de anomalías, según los criterios de la precipitación orográfica. Por lo menos podemos pensar que el error se disminuye a la mitad. Tendríamos errores entre 100 y 200 mm.

Entonces resulta que la diferencia entre los dos máximos más importantes queda dentro del margen de error estimable, de modo que pudiera ser que su orden real fue el inverso. No podemos saberlo. Deberían crearse nuevas estaciones, o utilizar métodos desconocidos por mí, para poder llegar a una seguridad en la separación de los dos máximos.

Sin embargo, añadimos: La fluctuación de las precipitaciones en el tiempo resulta ser tan importante que una diferencia de un 3 por 100 en un valor medio de precipitación es muy poco significativo.

Tenemos, por lo tanto, dos máximos pluviométricos en España, cuyo valor medio oscila entre 3.400 y 3.800 mm. Son Gredos y Cando. Esa es nuestra conclusión.

Hay zonas que hemos descuidado bastante, como Pirineos y Cordillera Cantábrica, pero creemos que un estudio cuidadoso de las zonas no aumentaría los máximos por encima de los dos mayores.

También podríamos dudar, con fundamento, de lo calculado para la zona del Pirineo vasco-navarro, ya que utilizamos una regresión precipitación-altura en la que no podíamos confiar. Sólo nos parece aceptable porque el mapa resultante parece tener consistencia física.

c-3) OTOS MÁXIMOS

Como curiosidad y para completar el presente trabajo citaremos las capitales de provincia más lluviosas y las estaciones pluviométricas de mayor precipitación que hemos encontrado.

Capitales más lluviosas (para 1931-68):

1. Pontevedra, con 1.643 mm.
2. San Sebastián, con 1.622 mm.
3. Bilbao, con 1.271 mm.
4. Santander, con 1.251 mm.

Notemos que Santiago de Compostela (de ser capital de provincia) ocuparía el cuarto lugar, con sus 1.253 mm.

Estaciones pluviométricas de mayor precipitación (1931-68):

1. Bugarín, con 2.651 mm., en las sierras de Pontevedra.
2. Articuza, con 2.649 mm., en el País Vasco, cerca de la sierra de Ecaitz.
3. Pereira, con 2.594 mm., en Limia (macizo occidental).
4. Oyarzun, con 2.520 mm., cerca de Articuza.
5. Eugui "Olaverri", con 2.373 mm., en la cabecera del Arga (Navarra).
6. Taboazas, con 2.316 mm., en el alto valle del Navea.

Precipitaciones individuales más importantes registradas con pluviómetro. Anuales:

Grazalema: 1941, 4.020,3 mm.; 1947, 3.685,4 mm.; 1960, 3.645,4 mm.; 1963, 4.351,8 mm.

Capela C. F.: 1951, 3.538,1 mm.

Bugarín: 1958, 3.500,9 mm.; 1963, 4.092,3 mm.

Taboazas: 1960-61, 3.582,8 mm.

Casteloais: 1958, 3.765,4 mm.; 1959, 5.420,3 mm. (*).

Pereira: 1947, 3.637,2 mm.

Datos mensuales más importantes:

Grazalema: enero 1941, 1.204,2 mm.; febrero 1941, 1.039,2 mm.; febrero 1947, 1.325,9 mm.; marzo 1960, 1.020,1 mm.; febrero 1963, 1.189,0 mm.

Benaocaz: enero 1963, 1.136,5 mm.

Casteloais: noviembre 1959, 1.001,3 mm.; diciembre 1959, 1.925,0 mm. (*).

(*) Valor difícilmente creíble.

Hemos destacado precipitaciones anuales superiores a 3.500 mm., y mensuales superiores a 1.000 mm., valores altísimos comparados con las precipitaciones medias peninsulares. Por supuesto, hay años o meses más o igual de lluviosos, pero no fueron registrados.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

1. J. M. JANSÁ: *Curso de Climatología*. S. M. N. Serie B, núm. 19, Madrid, 1969.
2. BROOKS Y CARRUTHERS: *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*. Meteorological Office, London, 1953.
3. W. ZIMMERSCHIED: *Acerca de las situaciones típicas de tiempo en la Península Ibérica*. S. M. N. Serie A, núm. 20, Madrid, 1949.
4. M. DOPORTO: "Las lluvias orográficas. Aplicación a la sierra de Grazalema". *Anales de la Sociedad Española de Meteorología*, Madrid, 1927.
5. "La lluvia media de la España peninsular en el período 31-60. *Notas de Meteorología sinóptica número 21*, Centro de Análisis, Madrid, 1969.
6. P. MATEO GONZÁLEZ: *Pluviometría de Asturias*. S. M. N. Serie A, núm. 28, Madrid, 1956.
7. J. M. LORENTE: "La variabilidad de las precipitaciones atmosféricas sobre España peninsular". *Revista de Geofísica*, núm. 55, Madrid, 1955.
8. *Guía resumida del tiempo en España*. S. M. N. Serie D, núm. 23, Madrid, 1968.
9. *Pluviometría de la cuenca del Sil*.
10. M. CASTAÑS: *Aprovechamiento hidroeléctrico en Gredos*.
11. *Situación geográfica e indicativos de las estaciones pluviométricas españolas*. S. M. N. Serie C, núm. 37, Madrid, 1968.
12. *Mapa de trabajo de la Sección de Climatología*. Madrid, 1968.
13. *Mapa militar Itinerario de España*. 1955.
14. LINÉS: *Apuntes de clase de Climatología*. Curso de A 69-70.