

INTRODUCCION AL ESTUDIO CLIMATICO DE LAS SIERRAS EXTERIORES (PREPIRINEO DE HUESCA) Y SU INCIDENCIA EN LA MORFOGENESIS ACTUAL

P O R

JOAQUÍN RODRÍGUEZ VIDAL¹

INTRODUCCION

Las Sierras Exteriores Aragonesas constituyen, dentro del paisaje pirenaico, un enclave climático muy peculiar. Su orientación aproximada Este-Oeste (fig. 1) condiciona en gran manera la evolución del clima regional, siendo una barrera natural entre la depresión del Ebro y el Pirineo Axial.

En este trabajo se analizan los datos meteorológicos básicos obtenidos de cada observatorio. Apoyándonos en la necesidad de que todas las estaciones fuesen termopluviométricas, nos hemos visto obligados a desechar algunas que sólo poseían datos de precipitaciones, con lo que su número se ha visto sensiblemente reducido.

Gracias a la información obtenida en el Centro Meteorológico del Ebro, perteneciente a la tercera Región Aérea (Zaragoza), se han confeccionado una serie de cuadros de precipitación y temperatura para un período de tiempo continuado que, dependiendo de la abundancia de datos, oscila entre cinco y veintirés años. La gran variabilidad de unas estaciones con respecto a otras, ha sido motivada por la necesidad de escoger entre aquellas que poseyendo datos termopluviométricos, éstos fuesen continuados.

La finalidad de este estudio climatológico es debido a la necesidad, no sólo ambiental, de conocer más detalladamente los elementos condicionantes de la morfogénesis actual.

COMENTARIOS BIBLIOGRÁFICOS

El estudio morfológico del paisaje y su evolución temporal, van íntimamente ligados con el clima. De ahí la obligatoriedad de reconocer detalladamente los aspectos climáticos existentes en la zona o región del globo a estudiar, entresacando los parámetros que mejor nos definan los procesos mor-

¹ Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

genéticos generadores, modificadores o conservadores del modelado actual.

Desde mediados de este siglo aproximadamente, comenzó a desarrollarse, entre los investigadores del tema, la idea de la concepción climática de la Geomorfología; es decir, del clima como factor de relieve, en contraposición a la teoría de Davis y Penck en la que se atribuye el control de la morfogénesis a la interacción dinámica de los agentes eexternos e internos.

Son numerosos los autores que defienden la idea climática como generadora fundamental del modelado terrestre. El primero en concebirla fue Martonne, E. (1913, en Derbyshire, 1973), seguido por Budel, J. (1948, en Derbyshire, 1973; y 1977) y otros autores de la escuela alemana. Peltier, L. (1950) define el término "morphogenetic regions" y es el primero en cuantificar la relación entre el clima y el modelado. Posteriormente Cholley, A. (1950), seguido por Tricart, J. y Cailleux, A. (1965), apoyan firmemente una concepción morfoclimática del paisaje.

Las ideas propuestas por Peltier son recogidas por Wilson, L. (en Fairbridge, 1968 y 1969), delimitando con mayor exactitud la relación clima-procesos (CPS.), con lo que se agiliza la labor de investigación en este campo.

Una aceptable revisión epistemológica es llevada a cabo por García Abbad, J. (1978) sobre los sistemas morfoclimáticos y morfogenéticos.

De esta manera, las publicaciones referentes al tema se han multiplicado en los últimos años; tratando cada autor, en sus respectivas zonas de estudio, de descubrir los procesos actuales modeladores del paisaje y sus posibles causas genéticas: Molina, E. (1975), Pezzi, M. C. (1975 y 1977), entre otros.

CLIMATOLOGÍA

De entre la abundante bibliografía climática publicada sobre la cuenca del Ebro, entresacamos los trabajos de Biel, A. y García de Pedraza, L. (1962); Liso, M. y Ascaso, A. (1969) y el Atlas termopluviométrico de Aragón, del Centro Meteorológico del Ebro (1976) que, junto con los datos meteorológicos obtenidos en dicho centro, han proporcionado la pauta principal de nuestra labor.

El estudio climatológico de una zona tan dilatada, como es el de las Sierras Exteriores Oscenses choca, frecuentemente, no con problemas metodológicos sino con la falta o deficiencia de observaciones. Si comparamos las alturas máximas del frente montañoso —desde la Sierra de Sto. Domingo, con 1523 m., hasta la de Guara, con 2.077 m.— con las cotas referentes a las estaciones meteorológicas (Cuadro I), observaremos la falta de éstas a altitudes lo suficientemente importantes como para definirnos claramente el tipo de clima existente en las zonas más elevadas. Ante esta evidente falta de datos, se han elaborado los procedentes de los observatorios elegidos de un modo estadístico, encontrando de esta manera una tendencia general de los elementos climáticos y no unos valores promedio fijos, puesto que éstos no se han registrado hasta la actualidad.

Para el mejor análisis del clima en esta región, se ha creído conveniente

agrupar las estaciones seleccionadas en dos conjuntos. El primero de ellos estaría constituido por las localizadas en la vertiente septentrional de las Sierras (Botaya y Aineto) o en sus pequeñas cuencas interiores (Nocito, Sta. M.^a de Belsué, La Peña y Arguis). En el segundo, las correspondientes a la vertiente meridional (Mediano, Biel, Loarre, Nueno, Apiés, El Grado, Huesca "Monflorite" y Ardisa).

La finalidad de esta separación aleatoria se basa en la necesidad de confeccionar unas índices, capaces de definirnos a grandes rasgos la evolución actual del clima al variar la altitud, temperatura, precipitación o cualquier otro factor modificante, puesto que esta variabilidad no sigue las mismas ecuaciones al Norte o al Sur de las Sierras.

La Climatología trabaja con elementos y factores. Con respecto a los primeros vamos a considerar, para cada estación, la precipitación anual media, la temperatura media anual, la amplitud térmica anual, la amplitud pluviométrica anual, el cociente entre el mes más lluvioso y el más seco, la evapotranspiración y el régimen de vientos, entre otros. Los factores, en este caso altitud y orografía de dirección general Este-Oeste, influyen notablemente en los resultados finales.

La latitud es un factor poco decisivo en nuestro caso, ya que la zona ocupa una mayor extensión en longitud y, por tanto, las variaciones latitudinales son inapreciables.

a) *Precipitaciones*

Las precipitaciones anuales medias registradas entre los años 1955-77 para los observatorios anteriores citados (Cuadros I y II) son, en conjunto, bastante importantes. Con un máximo de 978,4 mm/año para Sta. M.^a de Belsué (900 m.) y un mínimo de 571,2 mm./año para Ardisa (420 m.), oscilando la media anual para todas las estaciones alrededor de los 827 mm./año, lo que supone incluir a toda la zona en una región de clima húmedo.

Ahora bien, si observamos que esta oscilación pluviométrica se verifica entre los 400 m. y 900 m. de altitud, y que la línea principal de cumbres se distribuye aproximadamente entre 1.500 m. y 2.000 m., es fácil suponer un incremento de la precipitación, sólida y/o líquida, para estas zonas más elevadas que, a falta de observatorios, se verá restringida de valores fidedignos. Por lo cual tendremos que basarnos en el mapa de isoyetas (Fig. 3) y en los datos de las estaciones consultadas, suponiendo una "tendencia" de precipitaciones para esas altitudes.

El examen del mapa pluviométrico (Fig. 3) de las Sierras Exteriores Osenses, construido a base de los promedios anuales, nos presenta un fiel reflejo de la orografía. Ya que el relieve modifica siempre muy intensamente la distribución regional de las lluvias, puesto que su volumen aumenta con la altitud. Esta es la razón primaria que, junto con la exposición Norte-Sur de las Sierras, justifica la distribución de las precipitaciones en toda la región.

La confección del mapa de isoyetas se ha visto valiosamente reforzada con los trabajos de Biel, A. y García de Pedraza, L. (1962) y Liso, M. y Asca-

so, A. (1969) que abarcan toda la cuenca del Ebro, proporcionando las líneas básicas de la variación pluviométrica regional.

Al primer golpe de vista, se hace notar que el espaciado amplio de cada isolínea, de 50 mm. de precipitación, en los alrededores de Huesca, se va haciendo más condensado a medida que ascendemos en altura por la vertiente meridional de las Sierras y, al llegar a sus máximos, se estabiliza describiendo una amplia lengua que, procedente del Norte, se extiende por casi toda la vertiente septentrional. Así pues, no sólo el aumento altitudinal incrementa las precipitaciones en una zona determinada, sino que es muy importante su situación geográfica.

Los sucesivos frentes nubosos que, procedentes del Atlántico, franquean las Sierras Cantábricas y Norpirenáticas quedan enfrentados con los fuertes relieves del Prepirineo, originando copiosas lluvias en el frente septentrional que, a medida que se adentran en la cuenca del Ebro, pierden progresivamente efectividad. Esta situación origina una fuerte variación climática entre las Sierras y el Somontano, ya que el gradiente de precipitaciones procedente del centro de la cuenca sufre un gran incremento al encontrarse con la barrera montañosa.

El clima continentalizado de las regiones topográficamente más deprimidas pasa netamente a un clima de montaña, con una pluviosidad moderada-alta, temperaturas medias-altas en verano y frío intenso en invierno, con mínimas de -15° C y abundantes nevadas.

Al comparar estadísticamente los parámetros P y H, para observar las variaciones generales de la precipitación con la altura (Fig. 4 a), se nota una tendencia de proporcionalidad directa, a través de la recta de regresión media para todas las estaciones consideradas. Puesto que la dispersión de la "nube de puntos", con respecto a la tendencia central, no es todo lo buena que deseáramos, se han confeccionado otras dos rectas representativas de los valores obtenidos para la vertiente N. y S. de las Sierras. Como es de suponer, la pendiente de ambas es notablemente diferente; encontrándose un mayor aumento de la precipitación con la altura en la cara N. que en la S. Aunque estos valores parecen ir en contra de los representados en el mapa de isoyetas, es obvio pensar que, al poseer observatorios septentrionales con datos de lluvias mucho más elevadas que los meridionales, la tendencia general de las pendientes de las rectas en la vertiente N. sea mayor. Este dato sí que representa la coordinación de ambas expresiones gráficas, puesto que mientras en la cara S. las precipitaciones se escalonan, en la N. se uniformizan.

Otras comparaciones pluviométricas interesantes resultan al enfrentar las precipitaciones anuales (P) con la amplitud pluviométrica anual y ésta a su vez con la altura. Salvo algunas excepciones, la tendencia general es al aumento de la amplitud pluviométrica con el incremento de precipitación y la altitud. Esta relación directamente proporcional de los factores, nos indica que los meses más lluviosos y los más secos acentúan mucho más sus características, lluviosas o seca, a medida que ascendemos en altitud y, por consiguiente, en precipitación anual media. Esto quiere decir que, en los años más lluvio-

sos, las precipitaciones se dejan sentir aún más en los meses de lluvias que en los secos.

Del análisis pluviométrico, de los diagramas ombrotérmicos de Gausson (Fig. 2), se saca la conclusión de que la estación anual más lluviosa es la primavera, con una uniformización en los meses de invierno y otoño y un descenso brusco, aunque no total, de las lluvias en la época estival. La uniformidad de las precipitaciones se hace más acentuada a medida que descendemos en altitud (Ardisa y Huesca), al igual que un descenso en las precipitaciones anuales y mensuales medias.

El mes más seco es julio, seguido por el de agosto, y los más lluviosos son mayo, junio y noviembre.

Si suponemos que un mes es seco cuando no supera los 30 mm. de precipitación, se verían incluidos en él las estaciones de Loarre (25,2 mm.), Nueno (28,6 mm.), Huesca (27,4 mm.) y Ardisa (21,0 mm.) en el mes de julio. Lo cual nos sitúa la isolínea de sequedad en la cota de 800 m.

Calculando el cociente entre el mes más lluvioso y el mes más seco (Cuadro I) se aprecia de un modo claro que todas las estaciones se encuentran comprendidas por debajo del valor 4, propio de zonas montañosas y de la Europa Atlántica, lo cual nos asevera sobre la uniformidad de la precipitación en esta zona, a lo largo de todos los meses del año.

De acuerdo con la distribución de isoyetas y del análisis de los cuadros anteriores, dividiremos la región de las Sierras Exteriores Oscenses en dos sectores:

Sector húmedo. — Es el incluido dentro de la isoyeta de 800 mm., y por tanto tiene una precipitación media anual igual o superior a esta cifra. Como puede verse en el mapa de isoyetas (Fig. 3) y en el cuadro de precipitaciones (Cuadro II), este sector comprende todo el relieve montañoso de las Sierras Prepirenaicas, tanto en su cara septentrional como en la meridional; fijando esta última su límite aproximado en la isolínea de 800 m.

Sector semihúmedo. — Abarca la zona por bajo de la isoyeta de 800 mm. y se extiende al pié de los relieves montañosos, bajo la curva de 800 m. aproximadamente.

Es evidente que esta clasificación es excesivamente esquemática. Sólo tiene la finalidad de facilitar la descripción del mapa de isoyetas, analizado anteriormente.

Las precipitaciones en forma sólida son relativamente abundantes, como corresponde a una región montañosa. En la estación de Nocito (1.080 m.), de los 100 días anuales de precipitación media, 12 son de nieve (12 %), distribuidos principalmente en los meses de marzo y febrero. En Sta. M.^a de Bel-sué (900 m.), de los 77 días de precipitaciones anuales 13 son de nieve (16,8 %), sobre todo en los meses de enero y febrero. Si seguimos descendiendo en altitud, podemos tomar como ejemplo el observatorio de Apiés (683 m.), donde de los 103 días de precipitaciones anuales 4 fueron de nieve, principalmente en los meses de enero y febrero.

De esta forma podemos suponer que en las cumbres de las Sierras, entre 1.500 y 2.000 m., las precipitaciones invernales sean mayoritariamente en

forma de nieve, originando un acúmulo de agua sólida que, en la época de deshielo, unirá su caudal al de las abundantes lluvias primaverales, produciendo en sus ríos y arroyos la máxima capacidad anual de carga.

b) *Evapotranspiración*

Si revisamos los resultados obtenidos por Liso, M. y Ascaso, A. (1969) en su estudio sobre la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro y observamos los datos referentes a nuestra zona, se puede apreciar: 1) El balance hídrico anual oscila entre los valores -100 y 300 , es decir, que sólo la región más al S., donde comienza el Somontano de Huesca, es deficitaria de agua; en cambio, la totalidad de las Sierras posee un superávit anual. Este dato es concordante con el apreciado anteriormente por nosotros, al situar la curva de 800 m. como umbral de la zona húmeda. 2) La evapotranspiración potencial abarca las isolíneas de 650 a 800 mm. anuales; 3) y la evapotranspiración real varía entre los valores de 500 a 600 mm. anuales.

c) *Temperaturas*

Las temperaturas medias anuales de las estaciones meteorológicas no son totalmente fiables, debido a que el periodo de observación en cada una de ellas no abarca un número suficiente de años y éstos, a su vez, no suelen coincidir para todos los observatorios.

La máxima temperatura media de todas las estaciones, es de $14,3$ °C en Ardisa y la mínima de $7,9$ °C en Botaya, oscilando la media anual alrededor de los $11,7$ °C. Esta temperatura media, calculada para toda la región, se basa únicamente en las estaciones estudiadas y por tanto su distribución en altitud, latitud, situación geográfica, número de años tabulados, etc., es únicamente función del azar y no de una repartición homogénea de los observatorios.

Al igual que ocurre con la precipitación, la distribución de la temperatura con la altura es difícil de estudiar, ya que si consideramos que las estaciones más elevadas se encuentran a unos 900 m. y la línea de cumbres de las Sierras varía entre 1.500 y 2.000 metros, existe una franja de mayor altitud con valores de temperatura no registrados. Por tanto, los resultados termométricos que se puedan intuir, carecerán de la base estadística suficiente como para que nos ayuden a definir el clima existente en estas zonas elevadas.

De todas maneras es lógico suponer que un aumento de la altura conllevará una disminución en las temperaturas. Este hecho es fácilmente observable en la Fig. 4b, donde la distribución de las temperaturas medias anuales en cada observatorio, origina una "nube de puntos" no demasiado definida, pero cuya tendencia nos habla de una proporcionalidad inversa entre ambos parámetros.

La recta de regresión general se aproxima bastante a la que define los

valores para las estaciones de la cara N. de las Sierras. En cambi la recta de regresión que polariza la tendencia de la temperatura en la vertiente meridional, posee una pendiente mayor que las dos anteriores, ofreciéndonos un mayor grado de fiabilidad. El valor de la temperatura media anual en el pico de Guara (2.077 m.), considerando esta última ecuación, rondaría los 5 °C, lo cual es una suposición bastante aceptable.

La confección del mapa de isotermas (Fig. 5) no sigue las ecuaciones anteriores, donde se relaciona la temperatura con la altitud, sino que se basa en los valores obtenidos en cada uno de los observatorios seleccionados, junto con la bibliografía referente al tema.

El examen de la distribución de las isotermas en el relieve de las Sierras, es semejante al de las isoyetas, anteriormente expuesto. El influjo que ejerce la orografía es fundamental en esta región. Las líneas de isotemperatura, sensiblemente paralelas al relieve y con un amplio espaciado al Sur, se acumulan bruscamente conforme la altura aumenta; lo que implica un descenso brusco de las temperaturas con la altitud, en la vertiente meridional. Una vez alcanzado un nivel termométrico, aproximadamente de 9 °C, la temperatura se estabiliza en la vertiente septentrional, definiendo las isotermas una amplia lengua de distribución que, procedente del Norte, choca con los relieves de las Sierras, expandiéndose.

Las variaciones de la temperatura, con respecto a este esquema general, se producen en aquellas zonas donde los observatorios no existen; es decir, en las cotas superiores a los 1.500 m. donde las temperaturas medias anuales serán menores de los 9 °C.

El régimen anual de las temperaturas presenta un mínimo invernal centrado, en la mayor parte de los observatorios, en el mes de enero; sólo los de Aineto, Biel y Apiés alcanzan la temperatura mínima en diciembre, mientras que los de Nocito, Arguis, Loarre y Nueno lo hacen en febrero.

Los meses de julio y agosto son los más calurosos del año, alcanzando tmeperaturas medias semejantes o muy aproximadas.

En los diagramas ombrotérmicos (Fig. 2) se observa como los meses del año que superan la temperatura media anual, son los que van de mayo a septiembre u octubre. Así que prácticamente la mitad del año está por encima del a media y la otra mitad es inferior a ella.

A partir de enero se distingue claramente en las curvas un lento aumento de las temperaturas, con particular rapidez desde abril y junio, para alcanzar el máximo en julio o agosto, según el observatorio. El calentamiento en la primera mitad del año se realiza con más lentitud que el enfriamiento, el cual se produce en principio de un modo rápido a partir de septiembre-octubre y más lentamente en diciembre y enero.

Las variaciones medias mensuales de la temperatura, para las estaciones meteorológicas consideradas en la zona son:

Meses	E-F	F-M	M-A	A-M	M-J	J-Jl	Jl-A	A-S	S-O	O-N	N-D	D-E
T° C	0,6	2,2	3,0	4,3	3,4	3,7	1,7	-4,8	-4,8	-4,2	-3,0	-0,4

Otro parámetro a considerar, dentro de los valores termométricos, es la amplitud térmica anual. Su valor se da en el Cuadro I y representa la oscilación de la temperatura media entre el mes más frío y el más caluroso del año. Esta diferencia de temperaturas suele ser mayor a medida que se produce un mayor aislamiento de las influencias marinas y es lo que caracteriza la continentalidad.

En las zonas montañosas la amplitud térmica anual desciende, por lo que las oscilaciones de temperatura entre verano e invierno se amortiguan, con respecto a la de zonas con menor altitud.

En las Sierras Exteriores Aragonesas la oscilación térmica anual disminuye a medida que ascendemos en altura. Su distribución no suele coincidir totalmente con la topografía, dependiendo en ocasiones de la ubicación del observatorio y de pequeñas variaciones climáticas locales. Así ocurre con las estaciones de Arguis y Apiés, donde sus respectivas amplitudes térmicas son más elevadas de lo que se podría esperar, originándose en esta zona una cuña de continentalidad climática, aunque el mapa de isotermas (Fig. 5) no lo demuestra así.

d) *Tipo de clima*

La determinación del clima existente en una zona se basa en fórmulas empíricas que tratan de expresar el balance del agua mediante la relación de los elementos principales que intervienen en el mismo: temperatura y precipitación.

Existen tantas clasificaciones climáticas como autores han trabajado en el mismo: temperatura y precipitación.

Existen tantas clasificaciones climáticas como autores han trabajado en el tema, llegándose en algunos casos a divisiones y subdivisiones de una precisión considerable.

Ante esta pluralidad de ideas y opiniones, preferimos realizar una breve descripción del tipo de clima existente en la zona, destacando su carácter mediterráneo fuertemente continentalizado, con una estación estival cálida y seca, primavera lluviosa y frío intenso en invierno. La oscilación térmica anual, moderadamente alta, se atenúa en las zonas de mayor altitud, que superan casi siempre los valores anuales de evapotranspiración.

SISTEMAS MORFOGENÉTICOS

Cualquier estudio geomorfológico que se realice en una región determinada del globo debe anteponer, al estudio del modelado, un análisis de los procesos generadores de las formas presentes. El clima, como factor de gran importancia en esta actividad morfogénica, incide directamente sobre el paisaje variando su fisonomía e imprimiéndole unas características propias, que oscilarán en función de la litología, textura y estructura de la roca, vegetación, actividad antrópica, etc.

Uno de los métodos más utilizados para el estudio de esta relación entre el clima y los procesos actuantes, es el de Wilson, L. (1968, 1969). Sus limitaciones son evidentes, puesto que en sus regímenes climáticos los umbrales de acceso de un sistema morfoclimático a otro son fijos, y bien sabemos que esto no ocurre así en la realidad. El paso de un sistema a otro se rige no sólo por factores climáticos sino, como mencionábamos anteriormente, por todo elemento que incida directamente sobre el paisaje.

Así pues, el método de Wilson aporta unas ideas que son bastante válidas para el momento actual en que se encuentra la Geomorfología y, como instrumento de trabajo que es, su uso apropiado aporta a cualquier estudio una base adecuada para su desarrollo.

Las medias de los valores mensuales de precipitación y temperatura se han situado en un diagrama de termohietas (Fig. 6). La imposibilidad de limitar cada una de las catorce estaciones con un trazo continuo, en un solo gráfico, nos ha obligado a indicar únicamente su coordenada en el diagrama. De esta manera se origina una nube de puntos que, a grandes rasgos, nos indican los principales sistemas morfoclimáticos reinantes en las Sierras a lo largo de todo el año.

Ahora bien, si deseamos conocer en cada observatorio el sistema climático probablemente existente en un mes determinado, tendremos que acudir a la Fig. 7 donde se realiza una distribución morfoclimática mensual para cada estación.

De esta manera podemos deducir la existencia, en nuestra región, de tres sistemas morfoclimáticos que se sustituyen o yuxtaponen a lo largo del año, dependiendo su duración de los factores climáticos generales.

Los sistemas morfogenéticos asociados, ejercerían su labor con mayor o menor intensidad en cada época del año, no existiendo un claro umbral a partir del cual uno actuaría y otro dejaría de hacerlo.

La relación existente entre sistemas morfoclimáticos y morfogenéticos se puede observar en el gráfico propuesto por Wilson, del que entresacamos los concernientes a este estudio:

<i>CPS</i> <i>Designación</i>	<i>Procesos dominantes</i>	<i>Formas de paisaje</i> <i>característicos</i>
Periglaciario	Acción del hielo Solifluxión Agua corriente	Suelos poligonales Pendientes de soliflux., lóbulos, terrazas Llanuras aluviales proglaciares.
Semiárido	Agua corriente Alteración (desagregación mecánica) Movimientos en masa	Pedimentos, conos, aluviales. Pendientes angulosas con detriticos groseros "Badlands"
Templado-húmedo	Agua corriente Alteración (química) Reptación (y otros movimientos en masa)	Pendientes suaves, suelo cubierto Crestas y valles Depósitos aluviales

La distribución regional de estos tres sistemas en las Sierras viene influenciada principalmente por la situación meridional o septentrional, y a su vez por la zonación en altitud. Por tanto no existe ningún límite a partir del cual pueda decirse que un sistema empieza a funcionar.

Parece deducirse que los procesos periglaciares pueden existir durante la estación invernal a partir de los 1.000 metros, tal y como reflejan los puntos proyectados en el diagrama de termohietas (Figs. 6 y 7). sobre todo en las vertientes que miran al Norte. El periglaciario en zonas de mayor altitud abarcará un mayor número de meses. En la actualidad, a falta de observatorios en zonas elevadas, estos datos se desconocen.

Los procesos morfogenéticos asociados a un clima templado-húmedo abarcan una gran franja altitudinal (desde los 500 m. hasta las cumbres más elevadas), oscilando su duración anual entre uno y ocho meses (primavera, otoño, invierno).

Por debajo de los 500 m. de altura el predominio de los procesos semiáridos es total, abarcando todas las estaciones anuales. Por encima de esta cota, el sistema semiárido va perdiendo su efectividad, restringiéndose únicamente al período estival.

Todo lo visto pone en evidencia la complejidad de la clasificación de los sistemas de procesos morfoclimáticos, ya que su predominancia, coexistencia o inexistencia dependen de múltiples y variados factores.

Sobre la base de esta división podemos plasmar qué tipos de procesos dominarían en cada área, según los datos medidos (Fig. 8), obteniéndose los siguientes resultados: a) los procesos de desagregación mecánica, alteración química, y desplazamientos en masa son moderadamente efectivos; b) la erosión fluvial es máxima y la erosión eólica mínima.

Es evidente que el rasgo principal es lo moderado de todos los procesos. Por así decirlo, estamos ante sistemas de erosión que se caracterizan por su escasa eficacia. Sólo la erosión fluvial predomina ante cualquier tipo de agente.

La erosión eólica es inexistente en las Sierras, sólo parece empezar a actuar por bajo de los 500 m. de altura, en el Somontano y la Hoya de Huesca.

Algo que no podemos olvidar es la existencia de factores no climáticos, que inciden en gran manera sobre el tipo de modelado y su velocidad de desarrollo (litología, textura y estructura de las rocas, orografía, orientación, cobertura vegetal, etc.), favoreciendo, moderado e incluso a veces evitando la acción de erosión y sedimentación de determinados agentes.

Por tanto, la distribución teórica de los sistemas morfoclimáticos encontrados en la región implica de hecho una existencia real de tales procesos, pero no obliga a que la intensidad de la acción morfogenética sea equiparable en cada punto y a cada momento, puesto que sus condicionantes pueden favorecer la unas veces o anularla otras.

Así pues, dentro de cualquier región morfoclimática definida, los procesos morfogenéticos actuantes variarán su intensidad modeladora en función de actores no climáticos, a lo largo del espacio y el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Mateo Guitérrez Elorza, profesor Adjunto del Dpto. de Geomorfología de la Universidad de Zaragoza, sus sugerencias e ideas que han sido de gran utilidad, en la elaboración de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BIEL, A. y GARCÍA DE PEDRAZA, L.: *El clima de Zaragoza y ensayo climatológico para el valle del Ebro*. Servicio Meteorológico Nacional; serie A, núm. 36. Madrid, 1962, 58 págs.
- BÜDEL, J.: *Klima Geomorphologie*. Gebrüder Borntraeger. Berlín-Stuttgart, 304 págs., 1977.
- CENTRO METEOROLÓGICO DEL EBRO: Atlas termopluiométrico de Aragón. *Edición multicopia*, núm. 15. Zaragoza, 1976.
- CHOLLEY, A.: Morphologie structurale et morphologie climatique. *Ann. de Géogr.*, 49 págs. 321-335, 1950.
- DERBYSHIRE, E.: *Climatic Geomorphology*. Mac Millan. Londres, 296, págs., 1973.
- GARCÍA ABBAD, F. J.: Sistemas morfogenéticos y sistemas morfoclimáticos: Una revisión epistemológica. *Estudios Geológicos*, vol. 34, núm. 1, págs. 71-74, 1978.
- LISO PUENTE, M. y ASCASO LIRIA, A.: Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro. *Anal. Est. Exp. de Aula Dei*, vol. 10, núm. 1-2, 505 págs., 1969.
- MOLINA BALLESTEROS, E.: Estudio del Terciario superior y del Cuaternario del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Trab. Neóg-Cuat.*, núm. 3, 106 págs. Madrid, 1975.
- PELTIER, L.: The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. *Ann. Assoc. Amer. Geogr.*, 40; págs. 214-236, 1950.
- PEZZI, M. C.: Algunas observaciones sobre sistemas morfoclimáticos y karst en las Cordilleras Béticas. *Cuad. Geogr. Univ. Granada*, núm. 1, págs. 59-83, 1975.
- PEZZI, M. C.: Morfología kárstica del sector central de la Cordillera Subbética. *Cuad. Geogr. Univ. Granada*, núm. 2, 289 págs., 1977.
- TRICART, J. y CAILLEUX, A.: *Introduction a la Geomorphologie Climatique*. SEDES., París, 306 págs., 1965.
- WILSON, L.: Morphogenetic classification. En la *Encyclopedia of Geomorphology*. R. W. Fairbridge, New York, Reinhold, págs. 717-731, 1968.
- WILSON, L.: Les relations entre les processus géomorphologiques et le climat moderne comme méthode de paléoclimatologie. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.* (2), vol. XI, fasc. 3, págs. 303-314. París, 1969.

CUADRO I

	<i>Altura</i>	<i>Años (P)</i>	<i>Años (T)</i>	<i>Am. Tér. (°C)</i>	<i>Am. Pluv. (mm.)</i>	<i>Mes más lluvioso Mes más seco</i>
Botaya "S. Juan de la Peña"...	1.215	10	5	16.8	75.3	2.8
Nocito	1.080	5	2	17.0	79.7	3.0
Sta. M. ^a de Belsué (E.)	900	15	12	17,3	75.2	2,3
Aineto	1.005	22	6	17.0	49.6	2.0
La Peña (E.)	540	11	2	16.2	41.6	1.8
Arguis (E.)	955	7	7	18.0	91.0	3.2
Mediano (E.)	460	30	20	19.9	45.0	1.8
Biel	760	12	8	17.5	74.0	2.8
Loarre	800	15	1	16.9	81.3	4.2
Nueno	726	15	2	17.4	66.1	3.3
Apiés	683	9	5	19.7	61.3	2.7
El Grado (E.)	410	20	20	18.8	42.0	2.2
Huesca "Monflorite"	548	23	21	18.0	42.7	2.6
Ardisa (E.)	420	23	9	18.3	41.1	3.0

CUADRO II

Precipitación media (mm.)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Botaya "S. Juan de la Peña"	72.6	61.5	61.5	80.7	118.1	96.8	42.8	68.7	81.3	92.9	82.4	72.0	931.3
Nocito	58.3	65.5	83.5	62.4	90.6	117.4	40.2	64.2	72.7	81.8	64.4	119.9	920.9
Sta. M. ^a de Belsué (E.)	78.3	78.6	78.0	90.4	99.7	85.5	42.5	60.3	89.7	88.8	93.5	93.1	978.4
Aineto	69.2	73.4	83.4	84.8	86.0	91.0	47.8	64.9	97.4	74.8	89.8	78.3	940.8
La Peña	67.3	61.4	65.4	75.1	85.5	79.7	43.9	64.8	62.1	74.3	78.6	56.3	814.4
Arguis (E.)	35.0	38.0	122.0	126.0	95.0	73.0	37.0	58.0	89.0	53.0	91.0	98.0	915.0
Mediano (E.)	48.0	54.0	74.0	67.0	93.0	83.0	53.0	74.0	82.0	93.0	58.0	61.0	840.0
Biel	91.0	90.7	62.5	88.8	95.6	73.3	42.2	45.2	67.8	90.2	116.2	84.8	948.3
Loarre	58.1	65.3	69.5	75.4	65.4	69.4	25.2	47.3	79.3	99.2	106.5	52.9	813.8
Nueno	60.0	63.5	70.7	80.3	80.0	71.3	28.6	64.4	91.7	72.4	94.7	54.1	831.7
Apiés	56.7	42.1	70.8	68.0	94.6	96.6	35.3	43.8	80.7	61.8	47.7	54.8	752.8
El Grado (E.)	35.0	49.0	62.0	50.0	77.0	60.0	40.0	47.0	58.0	72.0	73.0	41.0	664.0
Huesca "Monflorite"	42.6	46.3	60.9	35.5	62.1	58.0	27.4	47.9	70.1	62.9	59.7	48.8	640.2
Ardisa (E.)	46.9	40.9	51.7	44.9	47.4	55.9	21.0	37.1	62.1	57.8	57.8	47.7	571.2

C-U-A-D-R-O III

Temperatura media (°C)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Botaya "S. Juan de la Peña"	1.0	1.0	2.0	5.4	9.3	12.8	16.6	17.8	14.0	8.3	4.7	1.8	7.9
Nocito	3.2	2.3	4.0	6.9	11.8	13.1	18.0	19.3	8.8	7.3	5.5	2.9	8.9
Sta. M. ^a de Belsué (E.)	2.4	3.6	5.1	7.7	12.3	15.8	19.7	19.2	15.5	11.0	6.8	3.2	10.2
Aineto	3.2	4.3	5.7	9.5	12.1	16.0	20.1	20.1	16.9	12.2	7.7	3.1	10.9
La Peña (E.)	4.8	4.8	7.0	9.7	14.3	17.2	20.1	21.0	15.3	8.4	7.2	5.2	11.3
Arguis (E.)	3.3	3.1	5.8	9.2	13.2	16.9	21.1	20.7	17.5	13.2	7.0	4.3	11.3
Mediano (E.)	2.8	4.8	8.8	11.9	15.7	19.6	22.7	22.2	15.5	13.0	7.7	4.3	12.5
Biel	5.1	5.8	7.9	11.3	15.0	18.7	22.3	22.1	18.0	14.1	8.4	4.8	12.8
Loarre	6.3	4.7	7.7	9.5	13.7	18.0	21.6	21.4	15.9	9.0	8.3	7.9	12.0
Nueno	6.3	5.0	7.2	9.4	15.4	18.2	21.7	22.4	16.5	11.2	8.3	5.2	12.2
Apiés	4.1	6.0	7.4	11.4	15.9	19.3	23.7	23.3	18.8	12.8	7.2	4.0	12.8
El Grado (E.)	4.9	7.1	9.9	12.8	17.0	20.9	23.7	23.5	20.0	15.1	8.8	5.3	14.0
Huesca "Monflorite"	4.8	6.2	9.0	11.5	15.8	19.4	22.8	22.2	19.2	14.0	8.3	4.9	13.2
Ardisa (E.)	6.1	7.4	9.3	12.6	16.8	20.5	24.4	23.6	19.5	15.0	9.7	6.5	14.3

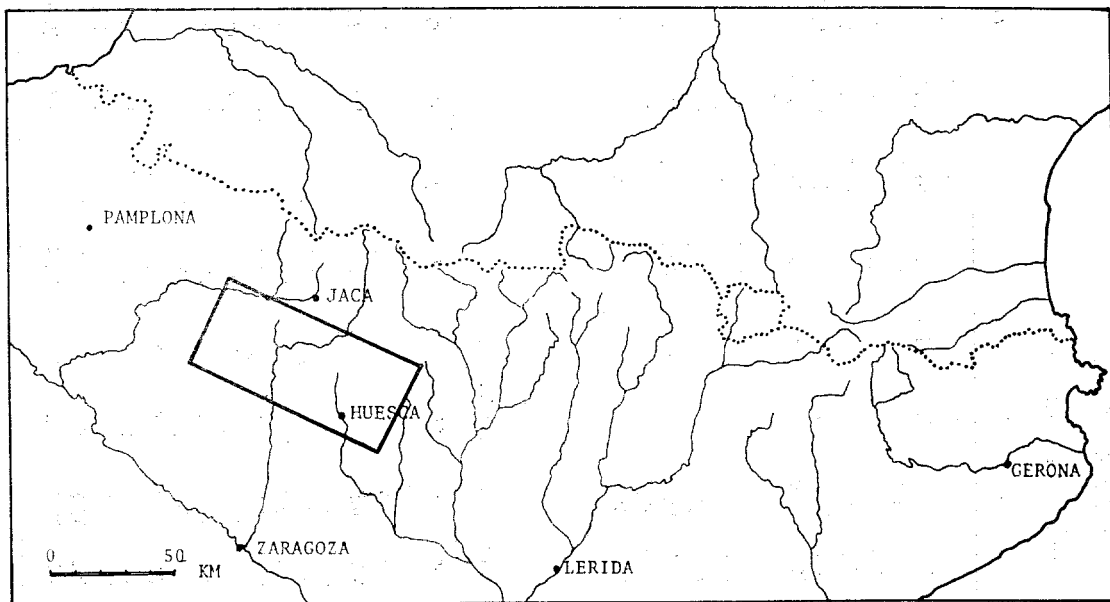


FIG. 1. — Situación geográfica de las Sierras Exteriores Aragonesas.

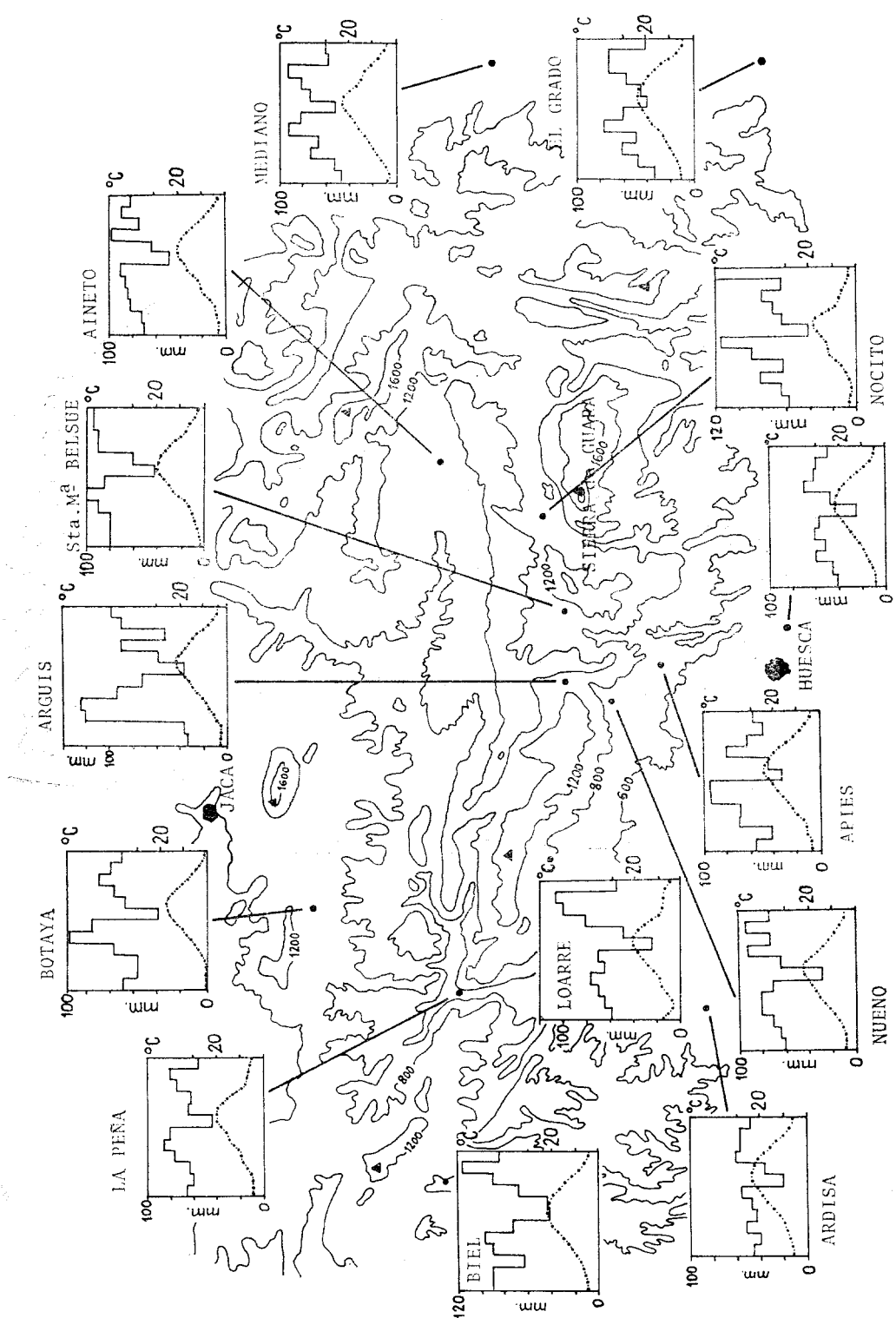


Fig. 2. — Localización de las estaciones meteorológicas y sus diagramas ombrotérmicos.

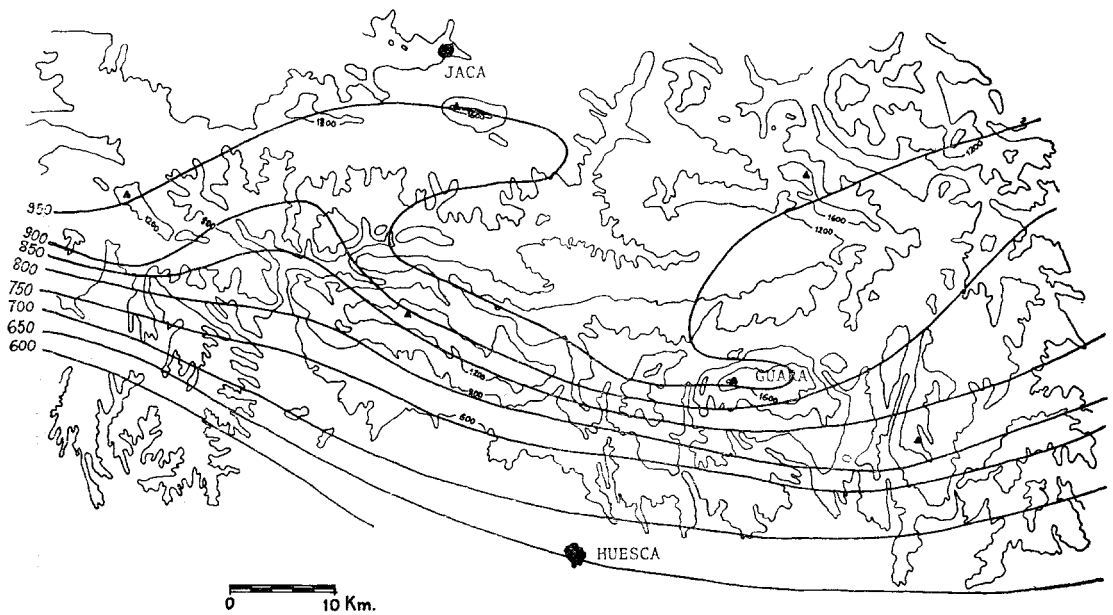


FIGURA 3

FIG. 3. — Mapa de Isoyetas de las Sierras.

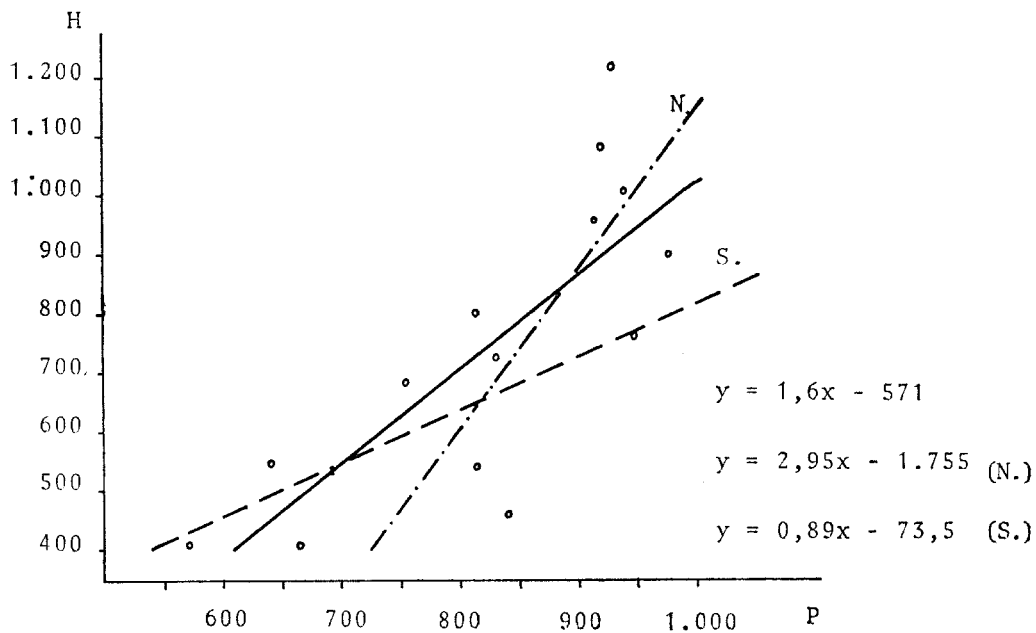


FIGURA 4 a

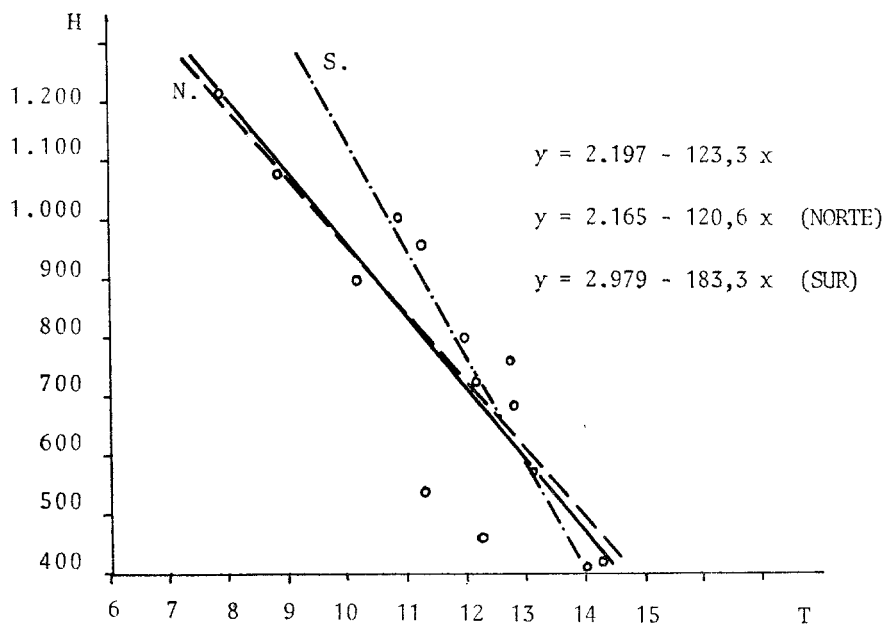


FIGURA 4 b

FIG. 4. — 4a: Variación de las precipitaciones anuales con la altura. 4b: Variación de las temperaturas anuales con la altura.

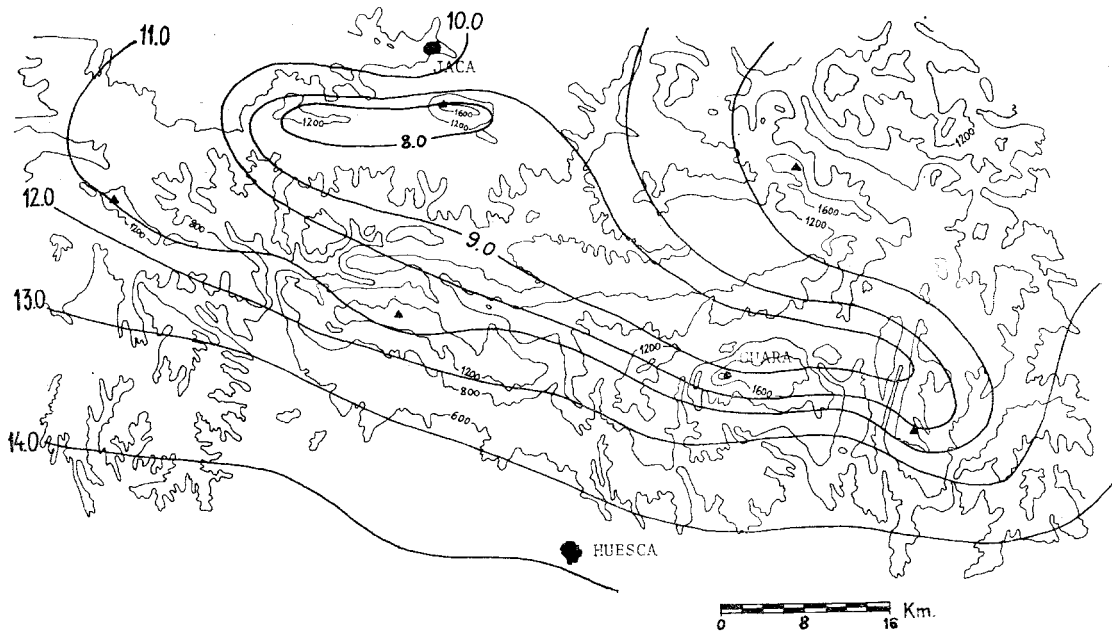


FIG. 5. — Mapa de Isothermas de las Sierras.

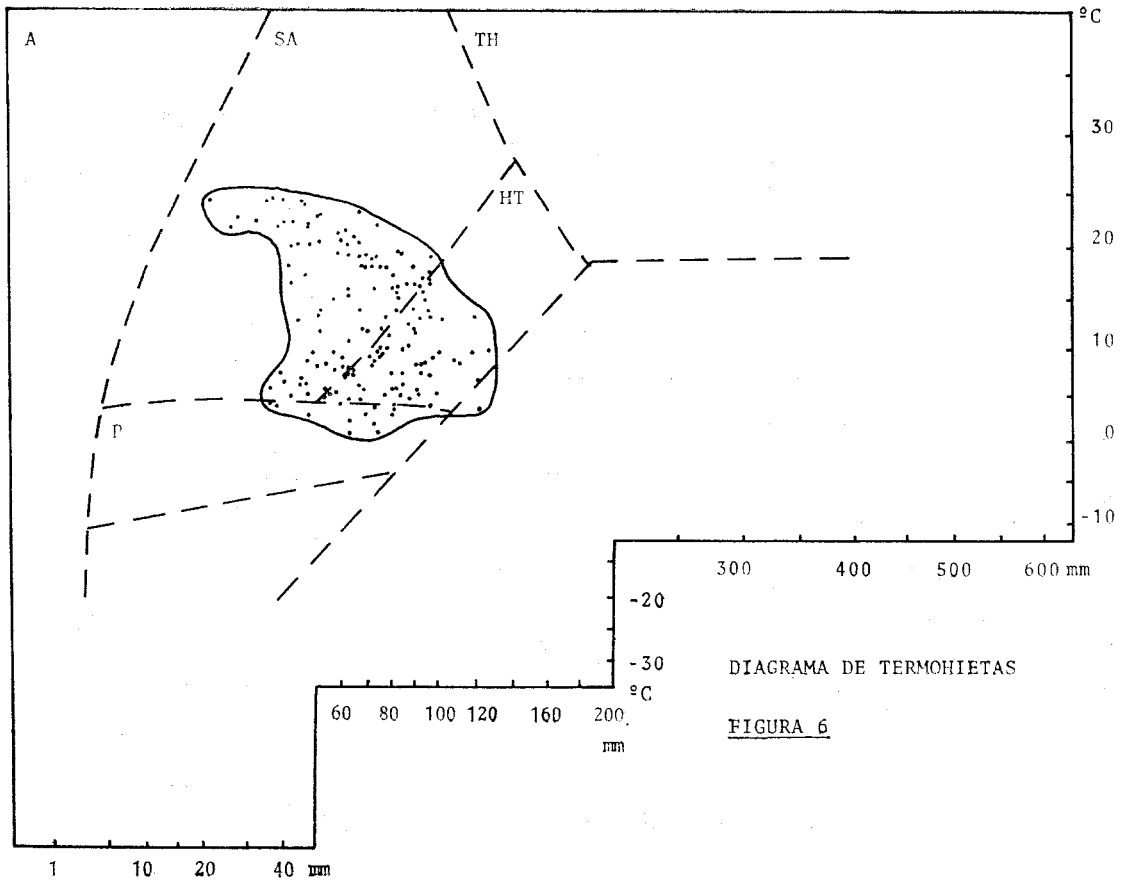


FIG. 6. — Diagrama de Termohietas.

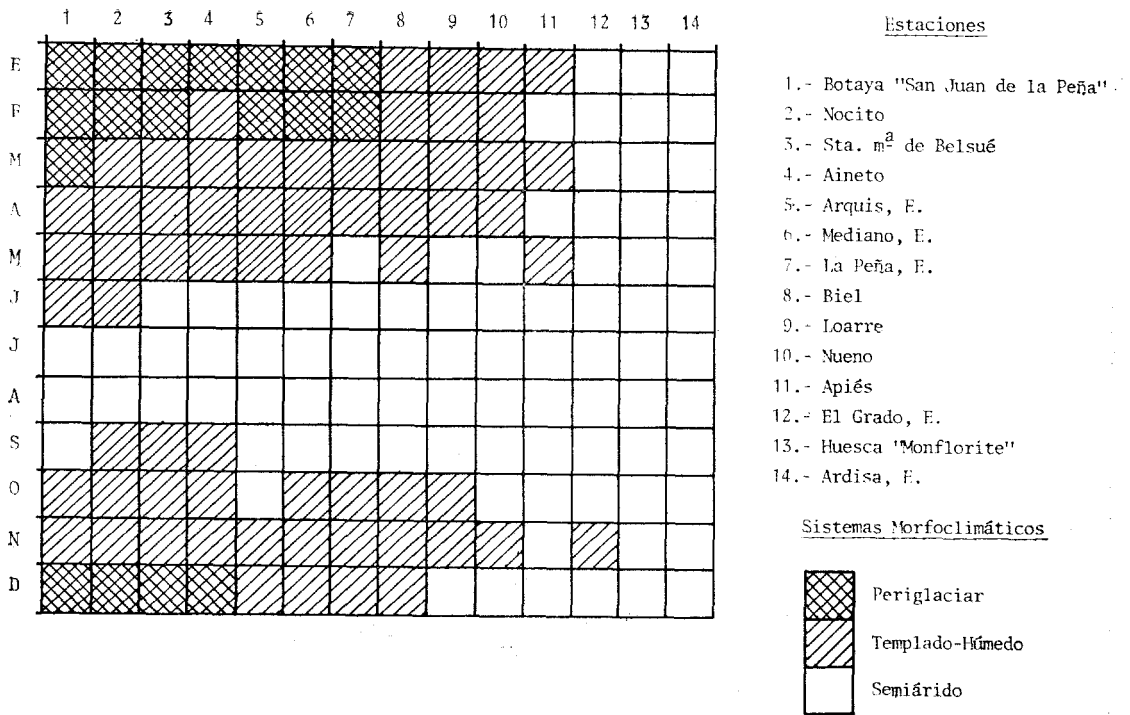
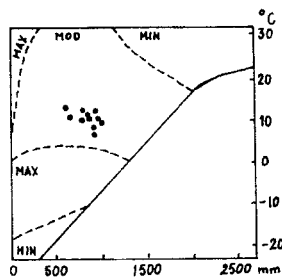
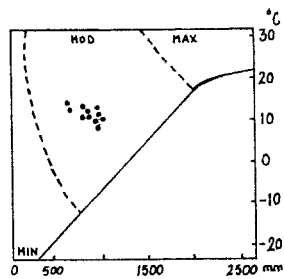


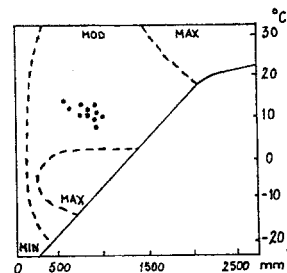
FIG. 7. — Distribución morfoclimática mensual



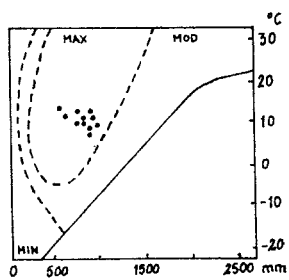
DESAGREGACION
MECANICA



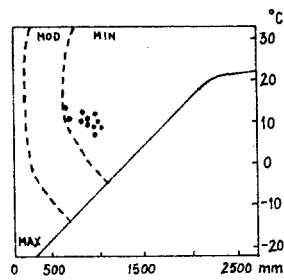
ALTERACION QUIMICA



DESPLAZAMIENTOS
EN MASA



EROSION FLUVIAL



EROSION EOLICA

FIG. 8. — Características morfogenéticas de las estaciones meteorológicas.