

**NOTAS SOBRE EL RÉGIMEN TÉRMICO DE LAS «CORONAS»
Y «PAULES» DEL CAMPO DE JACA***

P O R

JOSE CREUS NOVAU**

INTRODUCCIÓN

La Depresión interior altoaragonesa forma un amplio valle de dirección Este-Oeste recorrido en su mayor parte por el río Aragón. Al «Campo de Jaca» corresponde la parte central de dicha depresión, limitado por la Canal de Berdún y la Val Ancha por el Oeste y Este respectivamente.

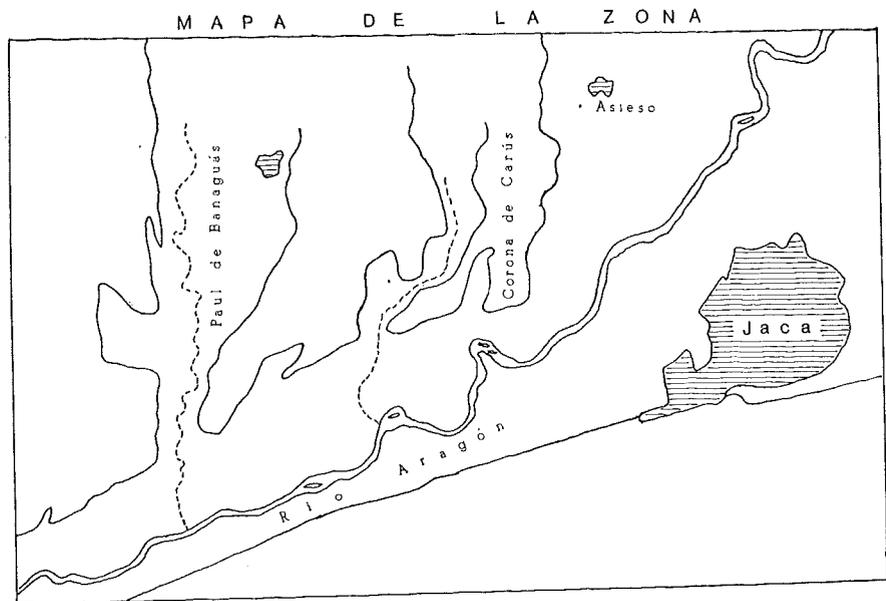
Valle modelado sobre materiales margosos eocénicos, recubiertos en su mayor parte por aportes —bien laterales, bien del propio río Aragón— que han formado un extenso sistema de glacis y terrazas. En estas formaciones destacan las «coronas» o restos de estos antiguo glacis de erosión, muy disecados por la red fluvial y en las que el arroyamiento ha abierto pequeñas vallonadas o «paúles». Su fisonomía actual es la de unos llanos suspendidos —coronas— a unos 50-55 m. respecto al cauce del Aragón, drenados por unas vallonadas —paúles— de dirección generalmente perpendicular a la red fluvial.

Esta peculiar topografía en la cual se asienta la economía agrícola de la depresión interior, sugiere una primera aproximación al conocimiento de su régimen térmico cara a una posible ordenación de las posibilidades que ofrece.

Se ha tomado como punto de partida el estudio de dos coronas —y sus correspondientes paúles— distantes entre sí y distintas topográficamente (mapa núm. 1). Ambas, en la margen derecha del río Aragón, entre éste y la ladera norte de la depresión media. La de Carús está situada muy cerca de la entrada de dicho río al Campo de Jaca, lugar en el que cambia su dirección norte-sur por la de este-oeste. La de Banaguás algo más al oeste, queda más protegida de los aportes de aire frío que arrastra consigo el río Aragón desde su nacimiento en el Pirineo Axil.

* Recibido para publicar en abril de 1975.

** Instituto de Estudios Pirenaicos.



MAPA 1. — Situación de la corona y paul de Carús y Banaguás.

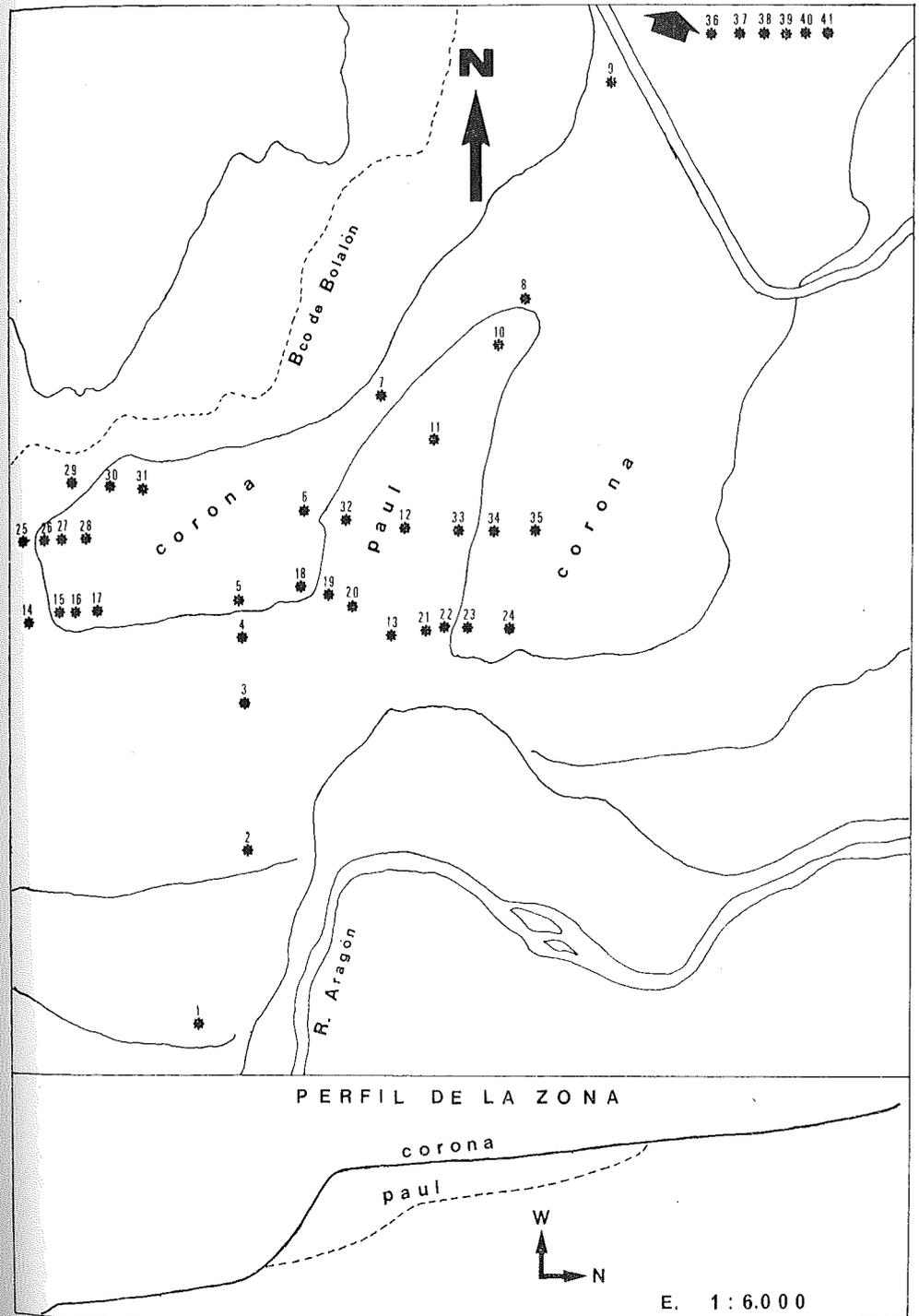
Ambas paúles difieren —morfológicamente— en que mientras esta última queda totalmente abierta a las laderas que delimitan la depresión por el norte, la de Carús queda cerrada por la propia corona y por tanto sólo abierta hacia el sur, en dirección al río. La protección que la corona de Carús crea a su propia paúl a través de una ruptura de pendiente, ejerce, como veremos, una notable influencia cara a la localización de las temperaturas máximas y mínimas. Ambas —coronas y paúles— están expuestas totalmente al calentamiento y enfriamiento directo, dada la total ausencia de vegetación capaz de interferirla. La fuerte oscilación definirá otra de sus características.

OBTENCIÓN DE DATOS

Previamente se señalaron 41 puntos de observación en función de la distinta topografía (mapa núm. 2), en los cuales se tomaron temperaturas y dirección de vientos. La elección de estos puntos se hizo con el criterio de poder registrar los cambios más notorios creados en las diferentes pendientes y orientaciones como consecuencia del distinto balance de energía.

A finales de primavera y principio de verano (Junio y Julio) de 1974 se realizaron frecuentes tomas de datos durante el día y la no-

SITUACION DE LOS PUNTOS OBSERVADOS



MAPA 2

che de los días escogidos. Las observaciones diurnas se hicieron entre las 13 y 14 horas, para así ver la distribución de las máximas y el comportamiento de viento y temperaturas en las horas de mayor insolación. Dichos puntos se recorrieron también de noche, $1\frac{1}{2}$ y 1 hora antes de la salida del sol, para la obtención de temperaturas lo más próximas posibles a las mínimas absolutas y poder así captar las diferencias provocadas por inversión térmica, fenómeno que en dichos meses alcanza uno de los tres máximos anuales en cuanto a su frecuencia (PUIGDEFÁBREGAS, 1970). Para ello se escogieron días que se caracterizaron por un máximo de estabilidad con el fin de eliminar la advección y el carácter agitador del viento capaz de homogeneizar las capas de aire.

Dada la imposibilidad de obtener medidas simultáneas en todos los puntos, se procuró restringir al máximo el intervalo de tiempo entre la primera y última toma. Para tal fin se agruparon los puntos en trazados cuyo recorrido se realizaba en un tiempo máximo de 20 minutos y a la vez daban una idea de las condiciones allí reinantes. El total de puntos —agrupados en trazados— se fue completando con sucesivos días de análogas características hasta una media de 5 y 6 observaciones por punto.

Dicha medidas se realizaron por medio de un aspirópsicrómetro Haenni, con termómetros de mercurio seco y húmedo. Este se colocó a una altura constante (100 cm. del suelo) para captar las características de la capa de aire situada a dicha altura. Con anemómetro de cazoletas, registrador de intensidad y colocado a la misma altura, se observó el movimiento del aire, además de los flujos principales y secundarios debido a las diferencias térmicas y distintas topografías.

VIENTOS

Dos tipos de direcciones, principalmente, caracterizan el régimen de vientos que con mayor o menor intensidad actúan sobre —o están en función— del régimen de temperaturas de la zona en cuestión. En el mapa núm. 3 se han señalado estas direcciones, indicando la intensidad según el grosor de las líneas.

a) El flujo dominante es del oeste, como consecuencia de la dinámica general de la zona y de la disposición este-oeste que toma la depresión media. Flujo que penetra con cierta facilidad por hallarse ésta totalmente abierta a occidente. Actúa como flujo principal, capaz de aportar —por advección— características muy distintas desde zonas más heterogéneas. Se ha procurado observar en

días con una estabilidad tal que, reduciendo al máximo sus efectos, era posible medir las variaciones que se creaban en los distintos puntos.

Con velocidades comprendidas entre 5 y 10 km./h., la topografía le obliga a describir ciertas inflexiones y en consecuencia unas zonas aparecen mucho más batidas que otras. Los flujos que ascienden por el talud oeste desvían la trayectoria de los que circulan a nivel de la corona, debido a que estas capas que ascienden a ras de talud actúan de pantalla y les impiden seguir su normal trayectoria.

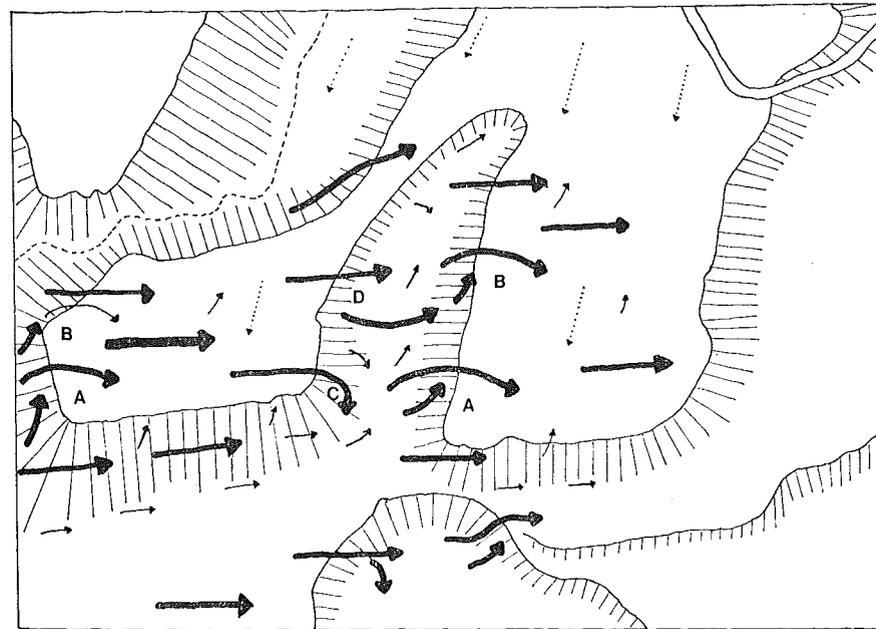
Ello crea una faja (A, B, etc.) muy protegida del viento a lo largo del oeste de la corona, de una anchura entre 6 y 8 metros, pasada la cual el viento vuelve a estabilizarse en cuanto a su normal trayectoria e intensidad. En dicha faja la temperatura es de 0,4 a 0,6° C mayor respecto a las que se registran en otros puntos a este mismo nivel.

Similar proceso se repite a lo largo del talud que cierra la paúl por el oeste (puntos C, D, etc.) pero con la particularidad de que toda ella queda muy protegida por encontrarse a sotavento del flujo dominante. Las capas de aire que circulan a nivel de la corona dibujan una inflexión al entrar en la paúl, formándose una especie de turbulencia hacia el interior de ella que llena los «vacíos» creados en los puntos más protegidos. En conjunto toda la paúl se muestra muy protegida, con una temperatura en su interior que llega a ser 0,4° mayor que la de la corona.

Las flechas de trazado fino continuo (mapa núm. 3) muestran los flujos secundarios y la dirección que allí sigue el viento. Unas indican las zonas protegidas del flujo principal (contacto terraza inferior-talud de la corona, etc.), otras son debidas a las diferencias de temperatura entre las laderas de la depresión y el fondo de ella, creándose un régimen de succión. Tal es el caso del interior de la paúl y las partes altas de los taludes. La intensidad de unas y otras es muy escasa y en conjunto corresponden a las zonas menos batidas por el viento.

b) Las flechas de puntos indican otro importante flujo cara a las temperaturas nocturnas. Indican la dirección de la brisa iniciada a última hora de la tarde cuando las laderas empiezan a enfriarse y el aire comienza a descender. A pesar de constituir un flujo secundario adquiere un papel de primer orden dadas las masas de aire frío que aporta y que de madrugada darán lugar a las típicas situaciones de inversión térmica.

Su intensidad es mínima y afecta por igual a todos los puntos de la corona, donde además es mucho más sensible que en el fondo de la paúl. En las primeras horas del régimen de succión dicho flujo circula también por la paúl hacia el fondo de la depresión, pero du-



MAPA 3. — Flujos de vientos más importantes.

rante la madrugada permanece inmóvil en ella, especialmente en la de Carús cuya parte superior queda cerrada por su propia corona permitiendo un embolsamiento de aire.

RADIACIÓN

Un dato realmente importante desde el punto de vista topoclimático es la cantidad de energía radiante recibida por unidad de superficie. Durante el día las condiciones de temperatura cerca del suelo se hallan afectadas principalmente por la cantidad de radiación allí absorbida. A su vez, durante la noche, al no existir el flujo de radiación incidente, se enfrían las capas de aire más próximas al suelo como resultado de la pérdida de energía de onda larga por irradiación. Ello provoca un enfriamiento del suelo y por consiguiente también el de la capa de aire adyacente, y por supuesto de forma más rápida las capas que están en contacto con la superficie.

El valor de la radiación incidente, para así delimitar puntos de iguales características, se ha calculado (FRANK and LEE, 1966) teniendo en cuenta variables del tipo latitud, orientación y grado de pendiente de la superficie. A dichos resultados se aplicó un coefi-

ciente de corrección (MORGEN, 1957) según el grado de cobertura del horizonte para ocho sectores correspondientes a otras tantas direcciones cardinales. Dicho coeficiente viene dado por la exposición, pendiente y valor del ángulo formado por cada uno de los puntos y su línea de horizonte.

Conjugando cada una de estas variables (mapa núm. 4), aparece un máximo de radiación incidente en el talud sureste de la corona, seguido del extremo sur de la paúl y parte central de la misma. Puntos, todos ellos, que presentan el denominador común de una mayor orientación sur y por tanto de mayor incidencia de la radiación.

Todo el nivel superior correspondiente a la corona presenta un valor intermedio entre estos máximos y la que recibe la terraza inferior junto al río. La mayor horizontalidad de aquella impide que los rayos solares incidan de forma perpendicular, y a su vez en los niveles junto al río queda disminuida por la eficaz «sombra» que crea la ladera sur de la depresión. Quedan finalmente las paredes del interior de la paúl como puntos donde la incidencia es menor pues, además de su orientación este y oeste respectivamente, están directamente influidas por la cobertura que crea su propia corona limitando considerablemente su horizonte a primeras horas de la mañana o a últimas de la tarde según estén orientadas hacia el oeste y este, respectivamente.

TEMPERATURAS

Las medidas realizadas en los distintos puntos han permitido observar unas diferencias de temperatura por medio de las cuales se han dibujado las distintas figuras. En ellas se han señalado (con el mismo número que los del mapa de distribución de puntos de observación) los puntos a los cuales corresponde la temperatura.

Durante el día (fig. 1) y a través de dos trazados de sur a norte por la corona y paúl de vez, la temperatura va aumentando hasta la falda de la corona (punto 3) con un gradiente de $+2^{\circ}/100$ m. En dicho punto se registra la máxima dentro del trazado que pasa por la corona, pero su temperatura queda por debajo del máximo absoluto que se da en el fondo de la paúl. A partir de ahí la temperatura empieza a descender a medida que aumentamos en altitud con un gradiente de $-1,5^{\circ}/100$ m. hasta el final de la corona propiamente (puntos 6, 7, 8) y de $-4^{\circ}/100$ m. hasta el punto 9.

Desviando desde el punto 3 un trazado que pasando por la paúl se uniera al anterior en el punto 8, se observa que la temperatura sigue aumentando de forma paulatina hasta el recodo final de la

to 12 a un ritmo de $-4^{\circ}/100$ m. hasta el fondo de la paúl (punto 10). Tan pronto regresemos a la corona volvemos a encontrarnos con la temperatura que rige el gradiente normal y en consecuencia pasamos en sólo unos metros desde el punto más frío del trazado a una temperatura que ha ido en aumento desde el inicio del recorrido. En estos pocos metros (desnivel de unos 3 m.) se crea un gradiente de $+10^{\circ}C/100$ m.

La parte de la paúl más protegida por sus propias paredes enmarca los puntos más fríos de la zona, con temperaturas equiparables a las del fondo de la depresión junto al río donde se acumula el aire frío. No olvidemos que la parte superior de la paúl se halla a 50 m. sobre el cauce y por tanto dentro del gradiente normal de inversión, por lo que su temperatura debería ser 1° mayor de la que realmente allí se da.

CONCLUSIÓN

Vistas las variaciones espaciales del viento, radiación y temperatura, se intentará tratarlas conjuntamente y deducir conclusiones que a modo de hipótesis pueden explicar este tipo de régimen.

Tanto el calentamiento como enfriamiento de las superficies se halla influenciado no sólo por determinadas características de la atmósfera sino también por características físicas tales como una mejor o peor exposición, grado de pendiente, cobertura del horizonte, densidad de la cobertura vegetal, etc.

Nuestra zona se muestra muy homogénea en este último aspecto ya que carece totalmente de vegetación arbórea y arbustiva capaz de crear un microclima que modificará las condiciones que dominan la corona y la paúl. Presenta sólo suelos desnudos, que únicamente soportan cultivos anuales cerealistas durante su ciclo normal de desarrollo, por lo que el principal factor de variación habrá que buscarlo en la topografía.

En primer lugar se observa que tanto las partes más cálidas como las más frías no coinciden con los puntos que reciben un máximo de radiación diurna, y sí, en cambio, parecen relacionarse con los puntos más protegidos del viento, tanto del de componente oeste como de las brisas diurnas y nocturnas.

El aumento de temperatura diurna que se observa según nos acercamos al contacto terraza inferior-talud (punto 3) viene dado por la conjunción en forma positiva de una menor intensidad del viento y aumento de la radiación incidente. El primero va disminuyendo en intensidad debido a la protección del propio talud, a su vez, la cobertura del horizonte se hace cada vez menor y en conse-

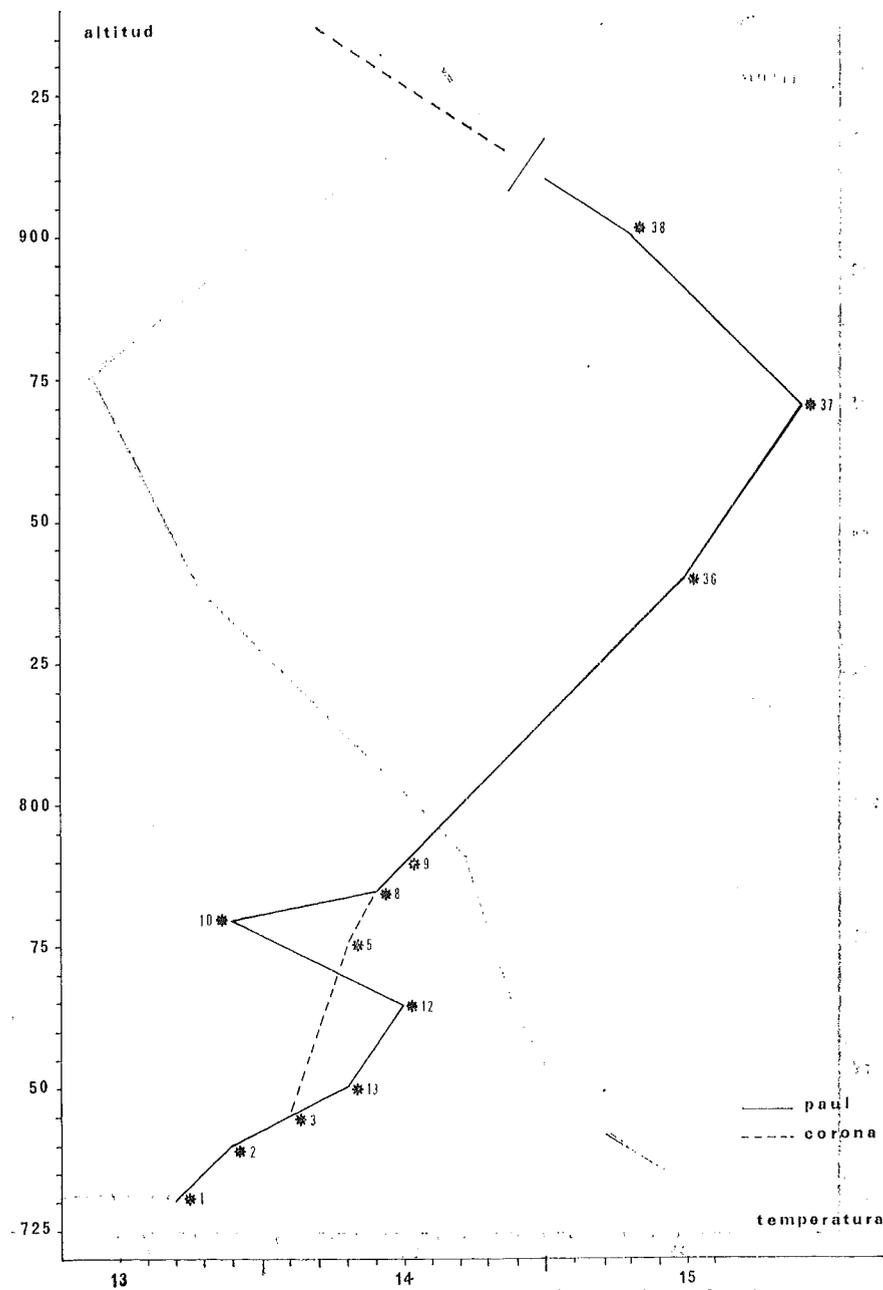


Fig. 2. — Variación nocturna de la temperatura en la corona y paúl de Carús.

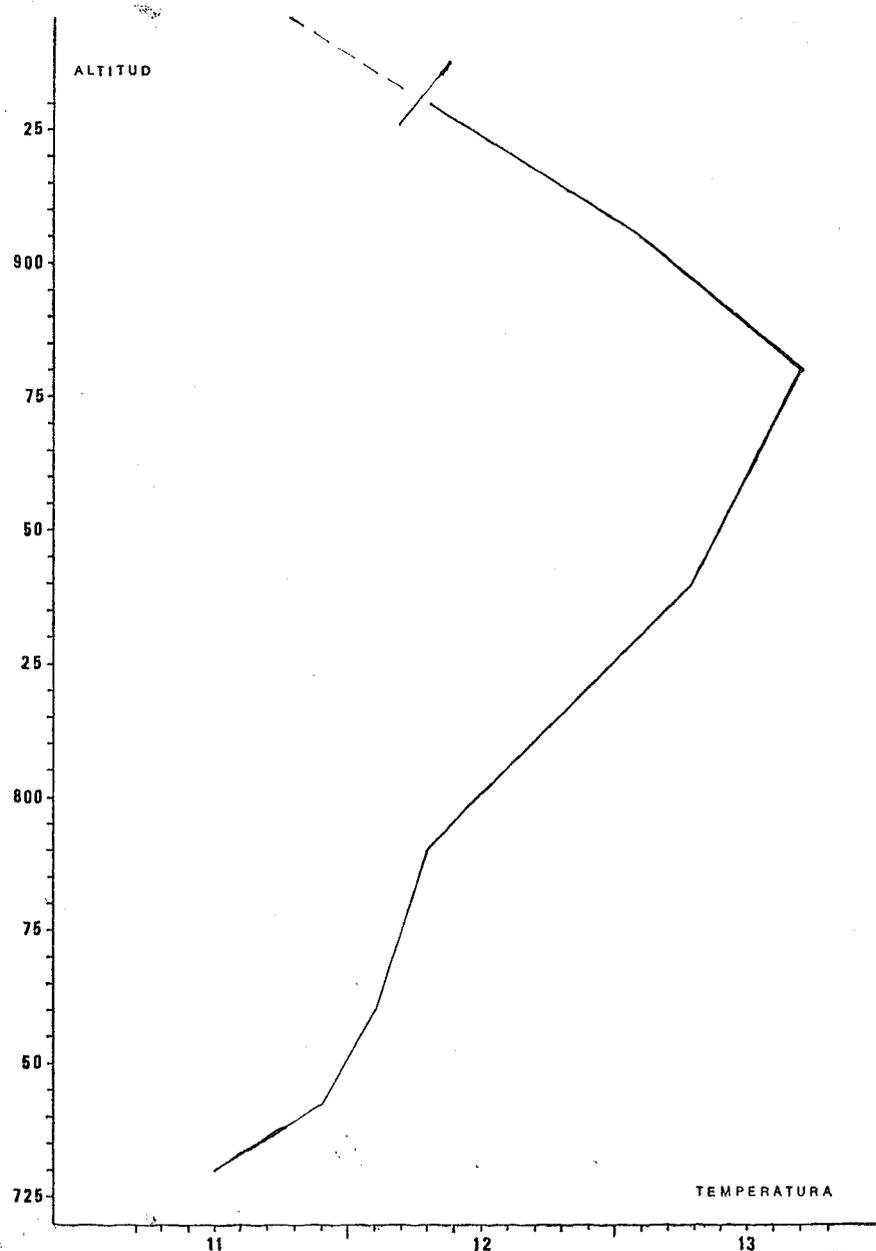


FIG. 3. — Gráfico de variación nocturna de la temperatura en la paúl de Banaguás.

cuencia aumenta la radiación. Dichas condiciones dan a este punto un máximo secundario de temperatura diurna.

El máximo primario —como se observa en la figura 1— se da en el fondo de la paúl. Dicho punto, a pesar de presentar un mínimo de radiación queda muy protegido del viento que, sin apenas renovarse, va calentándose progresivamente al permanecer en contacto con la superficie del suelo. Cabe añadir también, si bien no deja de ser una simple hipótesis, que la radiación total acumulada en el interior de la paúl será seguramente mayor que la incidente: la reflejada desde el interior de la paúl chocaría en sus propias paredes debido al fuerte ángulo de cobertura que ellas mismas forman y por tanto revertiría nuevamente hacia el interior. De esta forma, al albedo hacia el exterior quedaría reducido considerablemente y podría llegar a compensar el déficit de energía causado por la fuerte cobertura del horizonte que crean sus propias paredes. De ser así se justificaría este máximo de temperatura diurna allí registrada.

Estos puntos dan, a su vez, el mínimo nocturno. La falta total de un elemento amortiguador —como podría ser la cobertura vegetal— capaz de regular las pérdidas de calor, hace que la irradiación nocturna sea muy fuerte. En consecuencia, el total recibido pasa a ser total irradiado durante las horas nocturnas.

Dicha paúl, como se vio, queda muy protegida de los vientos, dando lugar a una cierta estabilidad de capas de aire. La peculiar topografía que configura su mitad norte le protege también de las brisas nocturnas (como se observa en el mapa del perfil de la zona). Este hecho favorece el embolsamiento de aire en su interior sin que sea renovado por ningún tipo de flujo. Queda estancado, muy estable y enfriándose según va haciéndolo la superficie que lo sostiene. Al permanecer quieto se enfría mucho más que el que desciende por las laderas y se acumula en el fondo de la depresión. La menor densidad de este último hace que se deslice por encima del que se estabiliza en el fondo de la paúl, mucho más denso. Estas condiciones nos explican este mínimo de temperatura que allí se registra.

* * *

Observaciones posteriores en la paúl de Banaguás —más al oeste y totalmente abierta hacia la ladera norte— dieron como resultado la no existencia de esta subinversión (fig. 3) dentro de la inversión normal que en estas condiciones se produce. La protección frente a las brisas nocturnas y la subinversión en el interior de la paúl son variables que parecen relacionarse.

Así, pues, se deduce que el factor topografía —y en consecuencia la mayor o menor protección al viento— actúa como elemento decisivo del régimen térmico.

BIBLIOGRAFÍA

- FRANK, E., and LEE, R., 1966. — Potencial solar beam irradiation on slopes. U. S. Dept. Agr. Forest Service Research Paper Rm-18.
- MORGEN, A., 1957. — Die Besonnung und ihre Verminderung durch Horizontbegrenzung. *Veröffentl. Meteorol. Hydrol. Dienstes D. D. R.* **12**: 1-16. Berlin.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., 1970. — Características de la inversión Térmica en el extremo oriental de la depresión interior altoaragonesa. *Pirineos*, **96**, Jaca.