

MUNIBE	36	23-64	SAN SEBASTIAN	1984	SOCIEDAD DE CIENCIAS ARANZADI
--------	----	-------	---------------	------	-------------------------------

Recibido: 2-4-84

Estudio de las cuencas hidrogeológicas de los Valles de Akua y Aizarna (Zestoa) (1)

TXOMIN UGALDE*

1. INTRODUCCION

El presente estudio trata de definir las características hidrogeológicas del área geográfica, donde se ubican las cuencas cerradas de Akua y Aizarna.

Los objetivos concretos de este trabajo son:

- 1.—Análisis climático del área. Para ello se han estudiado datos climáticos de distintas variables en una serie de 25 años y para el año 1983, de los observatorios de Eibar e Igueldo. Con respecto a la pluviometría, se han tenido en cuenta los datos de Azpeitia y Zarauz.
- 2.—Estudio geológico. Comprobada la generalidad de los estratos existentes sobre el área, se realizó un reconocimiento geológico de la zona, confeccionando un plano geológico a escala 1 : 25.000, mediante la interpretación de foto aérea y un reconocimiento directo sobre el terreno.
- 3.—Estudio hidrogeológico. Es el objetivo principal, para ello se han efectuado los balances hídricos y se ha estimado globalmente la evapotranspiración de la zona.

También, se ha realizado un inventario de puntos de agua y un seguimiento semanal de los caudales del más importante, lo que nos ha permitido analizar su curva de agotamiento y definir sus parámetros hidrogeológicos.

Se describen, por tanto, en este apartado la característica geométrica e hidráulica de la unidad hidrogeológica antes citada, donde se pone de manifiesto, la importancia de la franja no saturada, en el funcionamiento general del sistema.

- 4.—Vulnerabilidad de acuíferos. Como complemento del anterior, se explica en este apartado la vulnerabilidad del mismo con respecto a

las actividades contaminantes que se efectúan o puedan efectuarse en la zona.

Se ha de tener en cuenta, a efectos de contaminación, las características como acuífero fisurado y su punto de surgencia a nivel del río Urola, lo que puede producir en caso de sobreexplotación, una recarga del mismo por trasmisión del agua del río.

2. SITUACION Y DESCRIPCION GENERAL

El área de estudio está situada en las estribaciones sur-occidentales del macizo de Ernio, siendo tributario del río Urola. (plano 1).

Está delimitada al W. y N. por el río Urola, al Este por el arroyo de Alzolaras y al S. por el macizo de Ernio-Gazume.

La superficie total es de 8,5 km², con una altitud media de 250 mts sobre el nivel del mar.

Forma un relieve de acuerdo con las características litológicas y estructurales de la zona, por cuyas causas se han desarrollado las cuencas cerradas de Akua y Aizarna.

Presenta pendientes abruptas en los frentes de cuevas de Ertzin y vertiente N.E. del área y moderadas en los dorsos de cuesta y superficies no calcáreas vertientes a las zonas de infiltración, siendo llanos los fondos de valle de las cuencas antes mencionadas.

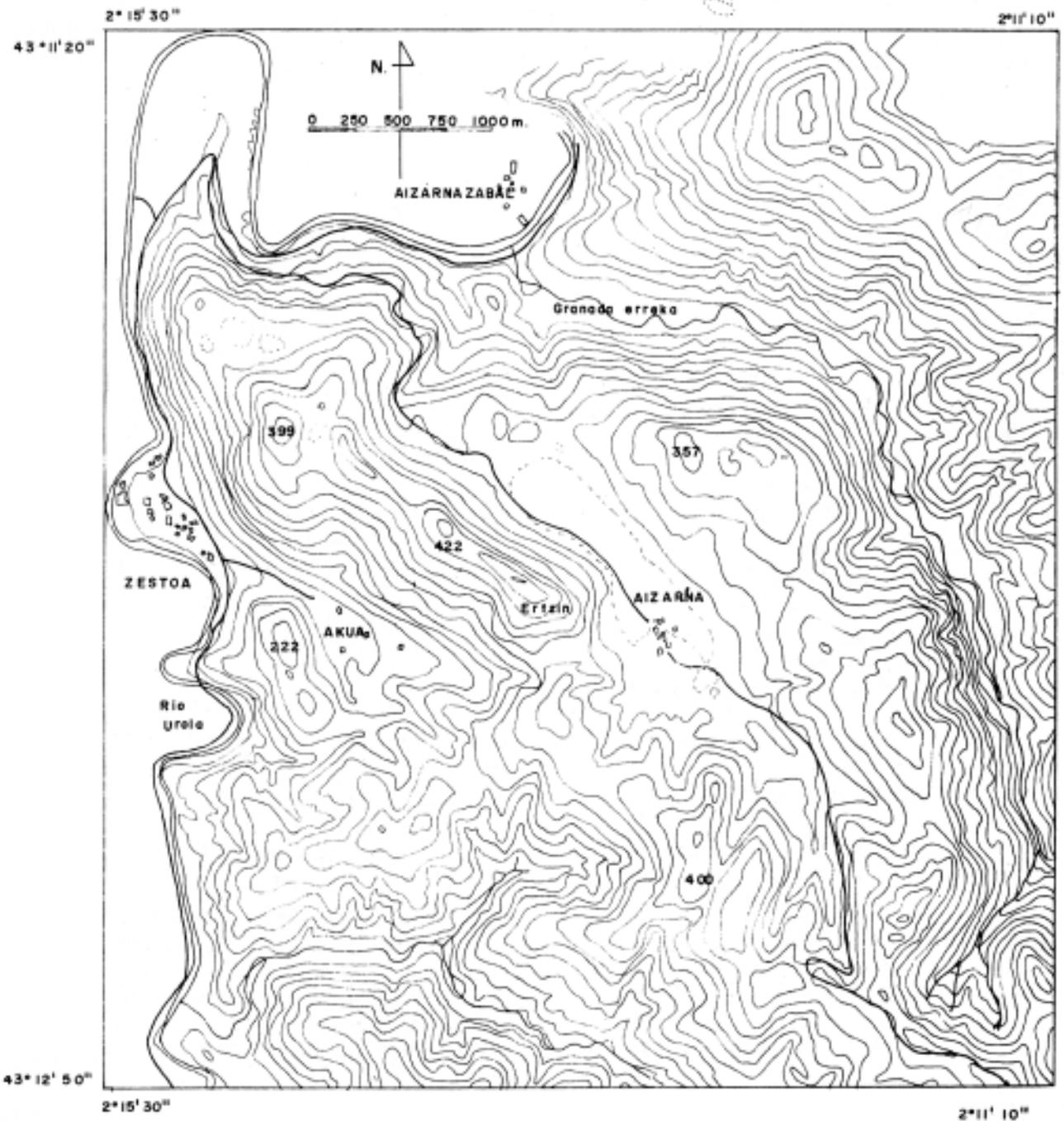
Las formaciones superficiales están representadas por suelos y alteraciones del sustrato de escasa potencia en las zonas no calcáreas, litosuelos y suelos tipo rendzina en las zonas de afloramiento calizo, con mayor o menor afloramiento del lapiaz. Con suelos más profundos en el fondo de las depresiones, producto del desmantelamiento de margas y argilitas.

Hay dos barrios del municipio de Cestona ubicados en el área, con una población total aproximada de 200 habitantes, con dedicación predominante a las actividades ganaderas, en algunos puntos de forma intensiva, mediante granjas.

* Sociedad de Ciencias Aranzadi, San Sebastián.

(1) Este trabajo ha sido realizado con una subvención de la Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Fig. 1. Plano de situación.



El uso actual del suelo da como resultado, la dedicación agropecuaria la mayor parte del mismo, con praderas de siega y algunas plantaciones de pino insignis en las zonas de mayor pendiente.

3. CLIMATOLOGIA

3.1. METODOLOGIA

Al iniciar este apartado, nos hemos encontrado con la ausencia de datos en el área de estudio o zonas próximas. La estación más cercana es la de Azpeitia con 10 años de observaciones muy irregulares y de dudosa fiabilidad.

Hemos escogido, portanto, dos estaciones con series climáticas amplias y fiables ubicadas en situaciones geográficas diferentes, aunque con cierta relación con el área de estudio, las cuales permitirán configurar un modelo climático adecuado.

Se han analizado los valores climáticos de temperaturas en dos observatorios: Igueldo y Eibar. Lluvias y número de días de lluvia, en Igueldo, Eibar, Zarauz y Azpeitia. Los datos de este último observatorio se han obtenido por correlación con los de Igueldo. El periodo elegido ha sido de 1956 a 1980, comparando más tarde sus valores medios con los existentes en 1983.

En el caso de Igueldo, se han obtenido las medias del periodo antes señalado de número de días nublados, despejados y cubiertos y número de horas de sol, que nos servirán para cálculos de evapotranspiración potencial por los métodos de Thornthwaite y Türck.

En esa misma estación, se han realizado las medias de número de días de rocío, escarcha, niebla, tormenta, granizo y humedad relativa.

Se han calculado, además, las intensidades medias de precipitación por mes y el índice de variabilidad de las precipitaciones en las estaciones de Igueldo y Eibar.

3.2. SITUACION DE LOS OBSERVATORIOS

Los observatorios de Igueldo y Zarauz se encuentran ubicados en la costa cantábrica-guipuzcoana, según las coordenadas siguientes (Fig. 2).

Igueldo

Zarauz

Coordenadas. (Meridiano de Greenwich).

Long. : 2º, 01', 00". Long. : 2º, 10', 00".

Lat. : 43º, 19', 05". Lat. : 43º, 17', 10".

Alt. : 218 m.s.n.m. Alt. : 5 m.s.n.m.

Las estaciones de Eibar y Azpeitia se encuentran más al interior, a 15 km de la costa, al pie del valle y según las siguientes coordenadas:

Eibar

Azpeitia

Coordenadas. (Meridiano de Greenwich).

Long. : 2º, 27', 30". Long. : 2º, 15', 50".

Lat. : 43º, 10', 40". Lat. : 43º, 10', 40".

Alt. : 120 m.s.n.m. Alt. : 80 m.s.n.m.



Fig. 2. Situación de los observatorios.

3.3. SITUACION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO (CLIMATICA)

La zona Vasco-Cantábrica se sitúa dentro de un mismo dominio climático, el templado oceánico con la característica que proporciona su cercanía al mar. Se encuentra inmersa, además, en el área afectada por la circulación general del Oeste (Westerlies), con las familias de borrascas que se suceden a lo largo del año.

Este flujo del Oeste motiva la existencia de dos estaciones bien marcadas, separadas de otras de transición, (1).

En invierno, el flujo del Oeste adquiere gran nitidez y potencia. Las ondulaciones del frente polar atlántico se desplazan con facilidad por el Cantábrico, hacia el Occidente Europeo.

Esta circulación puede alternar con periodos de ruptura de la circulación zonal, describiendo el flujo ondulaciones de débil longitud y gran amplitud. Esta circulación lenta provoca cambios importantes con irrupción de aire polar con curvatura ciclónica que engendra activas ciclogénesis desencadenadoras de periodos lluviosos generalizados (1).



Fig. 3. Isotermas medias anuales.

Durante el verano, la situación tiene una variación al estar más debilitado el flujo del Oeste y discurrir el mismo por latitudes más altas, ocupando el lugar de influencia el anticiclón subtropical de las Azores (2).

Como consecuencia del debilitamiento del flujo zonal, se propicia la ruptura de la circulación zonal, produciéndose cambios con pulsaciones frías que provocan lluvias copiosas, ocasionalmente torrenciales (1).

3.4. CLASIFICACION DEL CLIMA

El área de estudio presenta un clima mesotérmico sin estación seca con máximo de lluvias en otoño-invierno. Fig. 3, 4, 5.

Según la clasificación Koppen, comprendería el Cfb, templado oceánico de fachada occidental y verano fresco. Fig. 7, 8, 9, 10.

(1) Capel Molina J. Los Climas de España. 1981.

(2) Uriarte A. «El régimen de precipitaciones en la costa NW. y N. de la Península Ibérica.

3.5. VALORES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS.

3.5.1. VIENTO

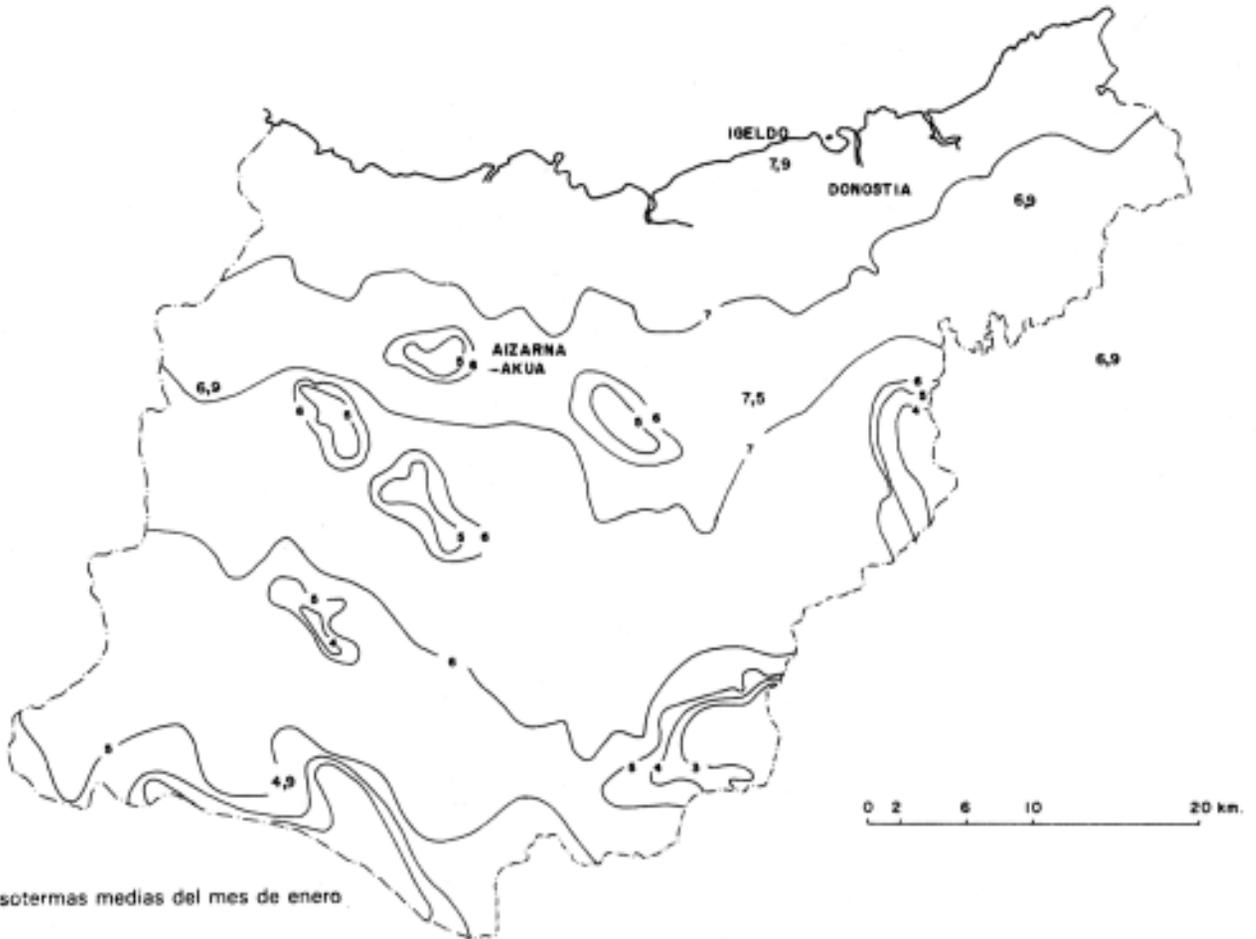
Los datos correspondientes a Igueldo. En las figuras 11 a 21 se indican las rosas de dirección de vientos dominantes, para distintos meses del año en la tabla 1 se indica este factor en %.

La calma en la circulación de vientos, es poco frecuente teniendo en cuenta una media anual del 2,6%. El mes que mayor porcentaje de calma presenta, es julio.

De noviembre a marzo, los vientos del sector Norte y Oeste son los más frecuentes, teniendo también gran importancia los vientos de componente Sur.

En cambio, en verano la importancia del viento Sur decrece, siendo los de componente Norte los que ocupan mayor frecuencia.

Esta situación es fundamental para la suavidad del clima, siendo alterada la misma cuando se forman flujos del Sur en verano y vientos del Norte en invierno.



3.5.2. TEMPERATURA

La temperatura media anual en Igueldo es de 12,9°C y 13,4°C en Eibar. La zona de estudio estaría englobada en la isoterma media anual de 13°C. Plano n.º 3.

La temperatura media del mes más frío, es enero con 7,5°C de media seguido de diciembre y febrero con 8,2 y 8,5°C para Igueldo respectivamente. En Eibar, el mes más frío es enero con 7,3°C de temperatura media, seguido de diciembre con 7,6°C y febrero 8,3°C. La isoterma media para el mes más frío (enero) para Akua-Aizarna sería de 7,5°C (plano 4).

Agosto es el mes con temperatura media más elevada, 18,6 en Igueldo y 20,1 en Eibar. Este mes nos da también las temperaturas medias máximas más elevadas, 31,2 y 35,4 respectivamente para Igueldo y Eibar. La isoterma media para el mes de julio en el área de estudio es de 19,5 grados C. Fig. 22, 23.

La media de temperaturas mínimas más bajas, está en el mes de enero con -1,13°C (Igueldo) y -2,9 en Eibar.

Las temperaturas extremas medias registradas en los 25 años de observación considerados, son las siguientes.

Igueldo temperatura media mínima del mes de enero de 1963, con -7,8°C.

Eibar, temperatura media mínima del mes de enero de 1963 con -8°C.

Igueldo, temperatura media máxima del mes de agosto de 1974 con 36,4°C.

Eibar, temperatura media máxima del mes de agosto de 1974 con 39°C.

El mes con mayor desviación Standar de los años observados, la presenta febrero, y la menor agosto.

En los cuadros 1 y 2 aparecen las medias de las temperaturas en las estaciones de Igueldo y Eibar.

En las figuras 24 a 49 aparecen las temperaturas medias de los distintos meses, durante los 25 años considerados.

En el mes de enero la temperatura media normal en Igueldo es de 7,9°C, por encima de este valor des-

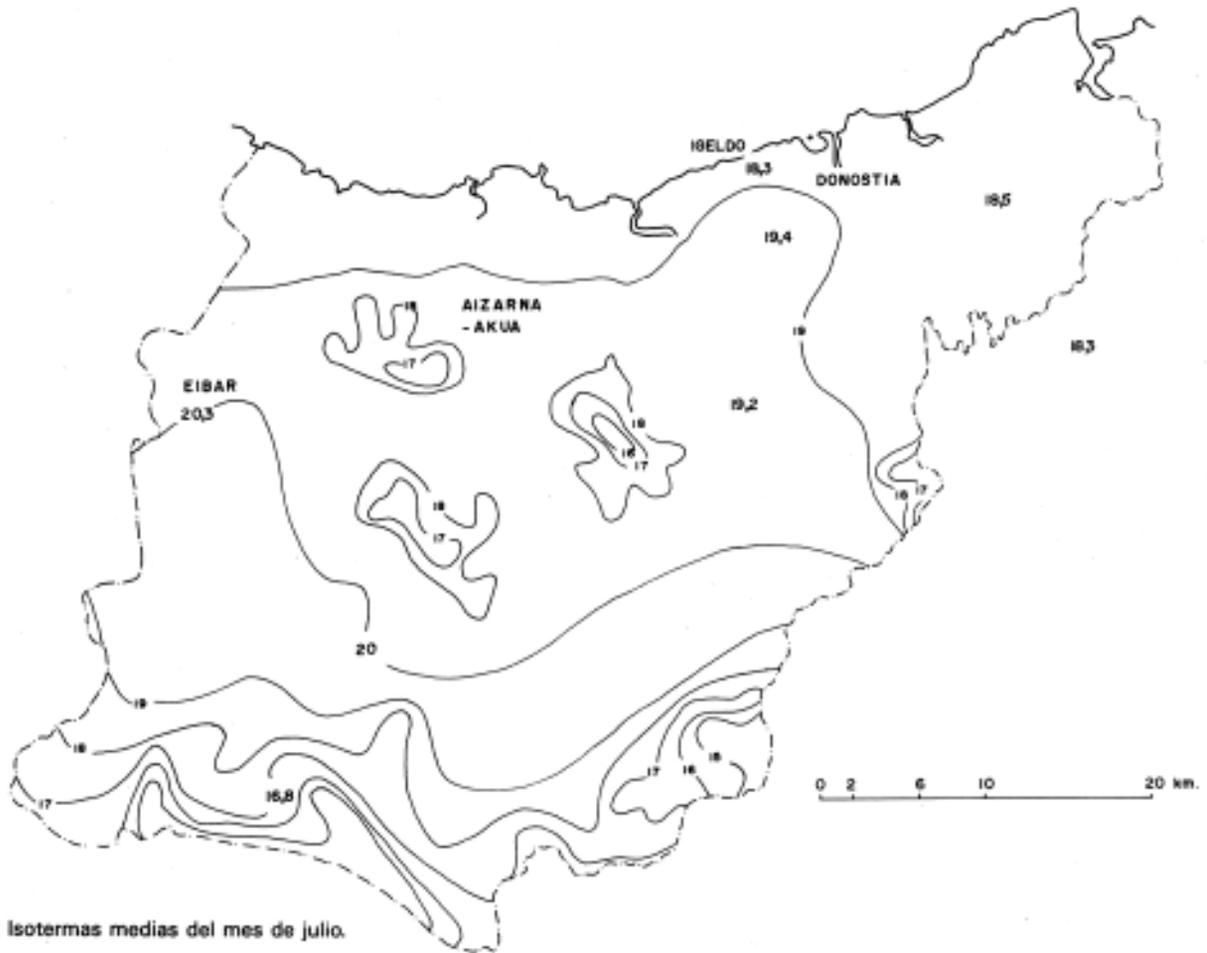


Fig. 5. Isotermas medias del mes de julio.

taca 1974 con 10,3°C. En Eibar la temperatura media normal es de 7,3°C, destacando por encima el año 1975 con 9°C. Por debajo del valor medio se encontrarían los años 1963 y 1972 para Igueldo y Eibar respectivamente, con valores de 5,1 y 4,9°C.

El mes de febrero tiene una temperatura media normal de 8,5 y 8,3°C para Igueldo y Eibar, siendo el año más cálido para este mes, 1966 con 12,2 y 12,1 (Igueldo y Eibar) y el más frío en temperatura media el de 1965 con 4,9 (Ig.) y 5,4 (Eib.).

Marzo. Temperatura media normal para Igueldo y Eibar son de 9,6 y 9,8 respectivamente, siendo el año más frío 1971 con 5,9 para las dos estaciones y el más cálido 1957 con 14,4 (Ig.) y 15,2 (Eib.).

En abril la temperatura media de Igueldo es 10,6 y para Eibar 11,5. El año más cálido es 1961 con 13,3 (Ig.) y 13,9 (Eib.). El año más frío para este mes fue el de 1976 con 9,2 (Ig.) y 1970 con 9,2 (Eib.).

El mes de mayo la temperatura media normal es de 13,5 (Ig.) y 14,6 (Eib.). El año más cálido fue el de 1958 con 15,9 (Ig.) y 16,9 (Eib.). El año más frío 1972

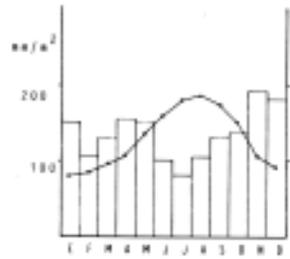


Fig. 6 - Diagrama ombrotérmico - Igueldo (1956-1980)

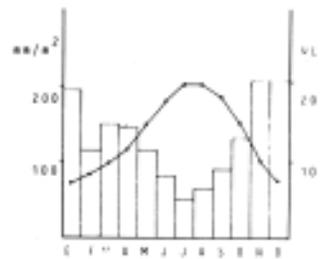


Fig. 7 - Diagrama ombrotérmico - Eibar (1956-1980)

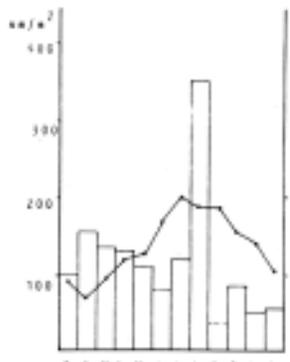


Fig. 8 - Diagrama ombrotérmico - Igueldo 1985

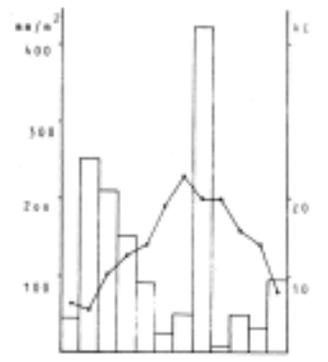


Fig. 9 - Diagrama ombrotérmico - Eibar 1985

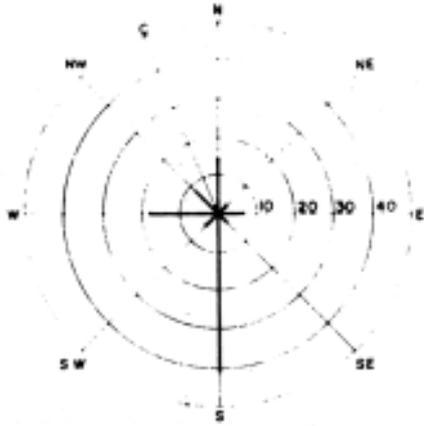


Fig. 10. Vientos dominantes %. Enero. Igeldo. (1983).

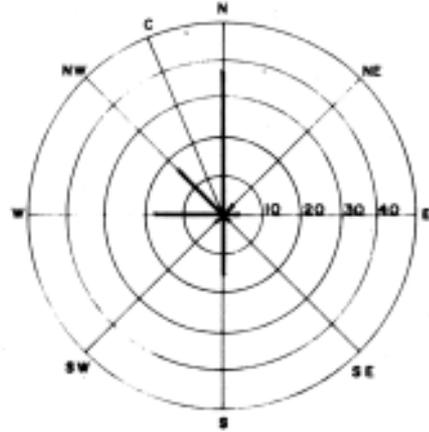


Fig. 13. Vientos dominantes %. Abril. Igeldo (1983).

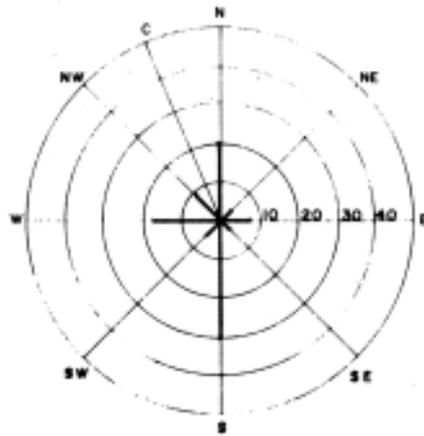


Fig. 11. Vientos dominantes %. Febrero. Igeldo (1983).

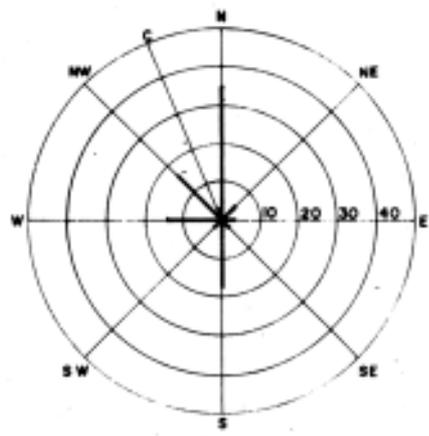


Fig. 14. Vientos dominantes %. Mayo. Igeldo (1983).

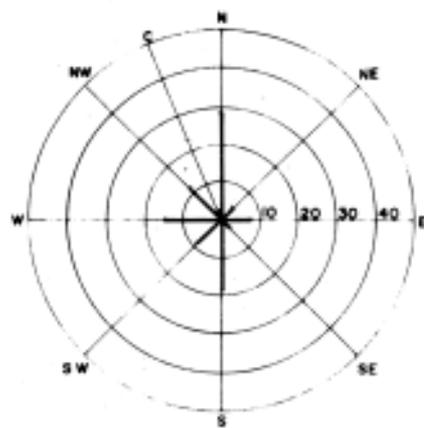


Fig. 12. Vientos dominantes %. Marzo. Igeldo (1983).

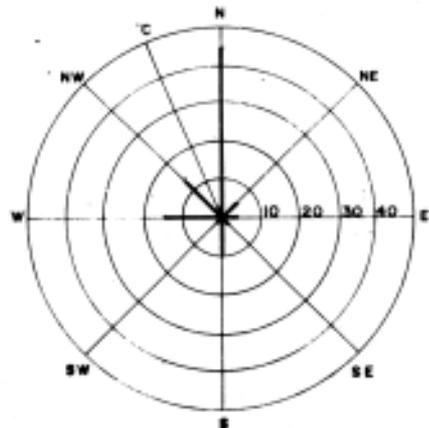


Fig. 15. Vientos dominantes %. Junio. Igeldo (1983).

Junio. Temperatura media normal 16,1°C (Ig.) y 17,9 (Eib.). El año más frío es 1972 con 14,3 (Ig.) y 15,6 (Eib.). El más caluroso 1976 con 17,8 (Ig.) y 21,3 (Eib.).

Julio tiene una temperatura media normal de 18,3 (Ig.) y 20,0 (Eib.). El año más cálido fue 1971 con 20,5°C (Ig.) y 22,1 (Eib.). El más frío 1980 con 16,4 y 17,9 (Ig. y Eib.).

Agosto. La temperatura media es de 18,6 (Ig.) y 20,2 (Eib.): El más cálido 1973 con 20,4 (Ig.) y 22,1 (Eib.). El más frío fue 1977 con 16,8 (Ig.) y 19,1 (Eib.).

Septiembre. Temperatura media normal 17,8 (Ig.)

y 18,8 (Eib.). Año más cálido 1964 con 20,1 (Ig.) y 22,2 (Eib.). El más frío 1972 con 15,3 (Ig.) y 15,4 (Eib.).

Octubre. Temperatura media 14,9 (Ig.) y (Eib.). Año más cálido 1968 con 17,7 y 17,3 (Eib.). El más frío 1974 con 10º (Ig.) y 11,4 (Eib.).

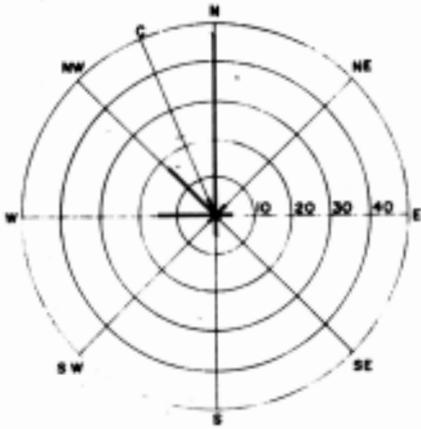


Fig. 16. Vientos dominantes %. Julio. Igeldo (1983).

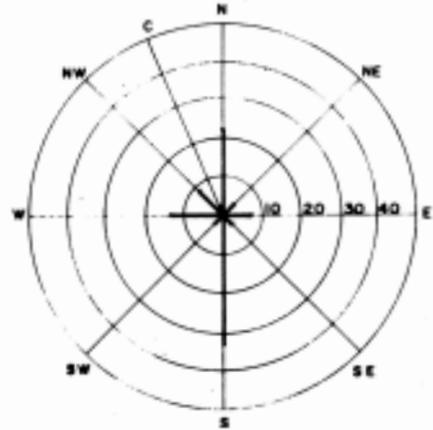


Fig. 19. Vientos dominantes %. Octubre. Igeldo (1983).

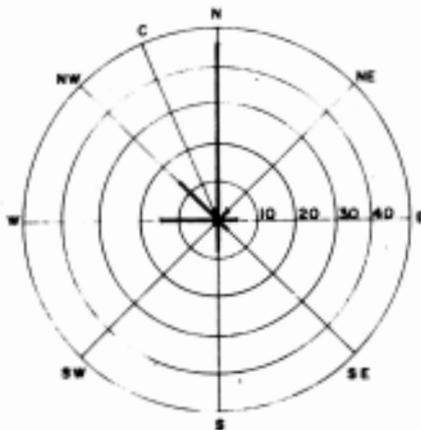


Fig. 17. Vientos dominantes %. Agosto. Igeldo (1983).

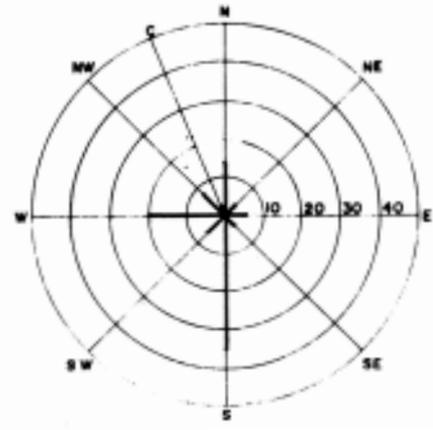


Fig. 20. Vientos dominantes %. Noviembre. Igeldo (1983).

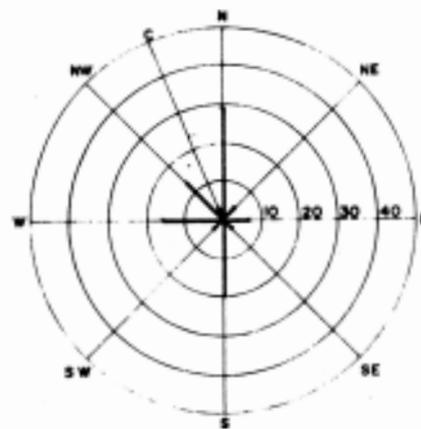


Fig. 18. Vientos dominantes %. Septiembre. Igeldo (1983).

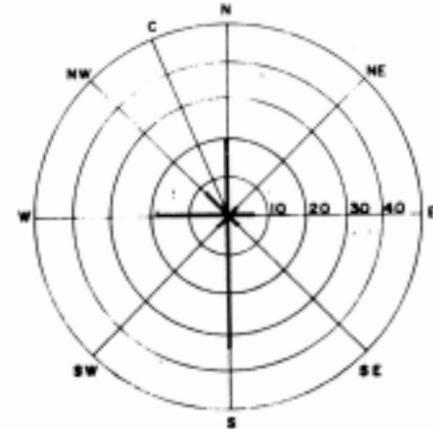


Fig. 21. Vientos dominantes %. Diciembre. Igeldo (1983).

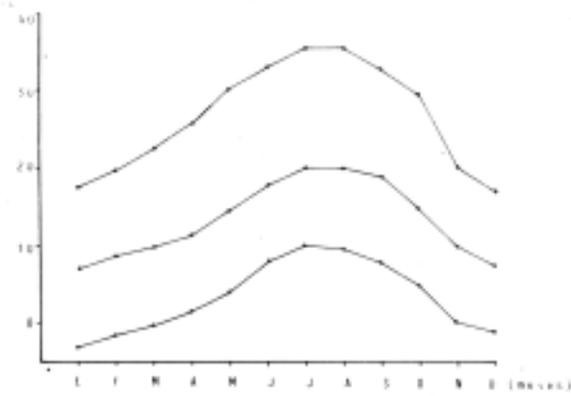


Fig. 22. Diagrama de tª medias max. min. y medias. Eibar (56-80).

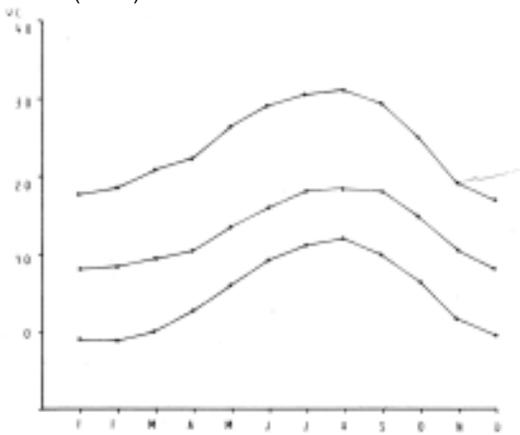


Fig. 23. Diagrama de tª medias max. min. y medias. Igeldo (56-80).

Noviembre. Temperatura media 10,4 (Ig.) y 9,8 (Eib.). El año más cálido 1970 con 13,9 (Ig.) y 1963 para Eibar con 12,9°C. El más frío fue 1971 con 8 (Ig.) y 8,1 (Eib.).

Diciembre. Temperatura media 8,2 (Ig.) y 7,6 (Eib.). Año más cálido, 1961 con 10,9 (Ig.) y 10 (Eib.). El año más frío 1975 para Igueldo con 5,9°C y 1963 para Eibar con 5,5°C.

Respecto a las temperaturas medias anuales, (fig. 24y 25) la media para Igueldo es de 12,9 y 13,4 para Eibar. Destacando los años 1961 en Igueldo (14,1°C). Para este año no hay datos de Eibar.

El año más frío es 1978 para Igueldo con 11,9°C.

Comparando estas dos estaciones con respecto a este parámetro, observamos una mayor oscilación térmica para Eibar con temperaturas más frías en invierno y más cálidas en verano, 0,6 grados menos para el mes más frío y 1,5 grados por encima para el mes más cálido. Esto se puede explicar por la acción termoreguladora del mar con respecto a las temperaturas extremas, regulando más a Igueldo por su proximidad que a Eibar (a 15 km en línea recta de la costa).

3.5.2.1. Año 1983. Temperaturas.

La temperatura media anual del año 1983, ha sido de 13,8°C en Igueldo y 13,9 en Eibar, 0,8 y 0,4°C más alta respectivamente que los valores medios anuales.

Por encima de los valores medios han estado los meses de enero, abril, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, en la estación de Igueldo, siendo excepcional el mes de noviembre, dando los valores más altos, si los comparamos con los 25 años observados.

En Eibar han estado por encima de la media, marzo, abril, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre, y diciembre, siendo excepcionales los meses de julio y noviembre, con los valores más altos de los 25 años observados.

Los valores más altos de la media en los meses veraniegos, van a ser muy importantes en las medidas de evapotranspiración e infiltración.

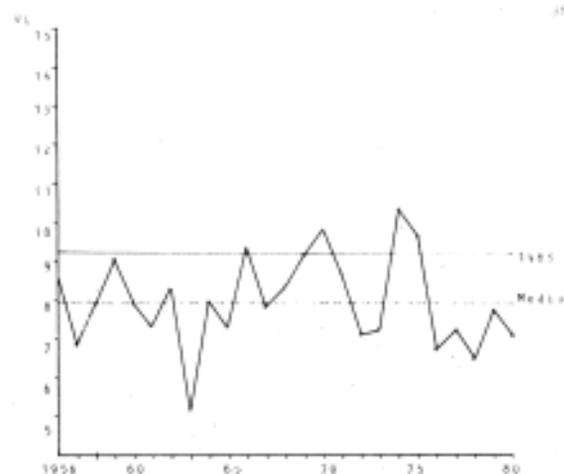


Fig. 24. Tª medias por años para el mes de Enero. Igeldo.

3.5.3. HUMEDAD RELATIVA

Solamente poseemos datos de la estación de Igueldo. La humedad relativa media para los 25 años es de 77,9%. Los meses con mayor índice de humedad relativa son los de julio y agosto con 82% siendo el mínimo marzo con 73%.

Para A. Uriarte, «esto es debido a la temperatura superficial del mar que evita la evaporación excesiva y a la frecuencia en el mes de marzo de situaciones del Sur (2) con efecto Foehn». El clima es húmedo con oscilaciones poco amplias durante el año, estando re-

lacionada esta oscilación con los vientos dominantes.

El año 1983 ha tenido una humedad relativa media anual de 77,8%, con máximos de 90% y 88% en

julio y agosto respectivamente. El mínimo fue del 63% para el mes de abril.

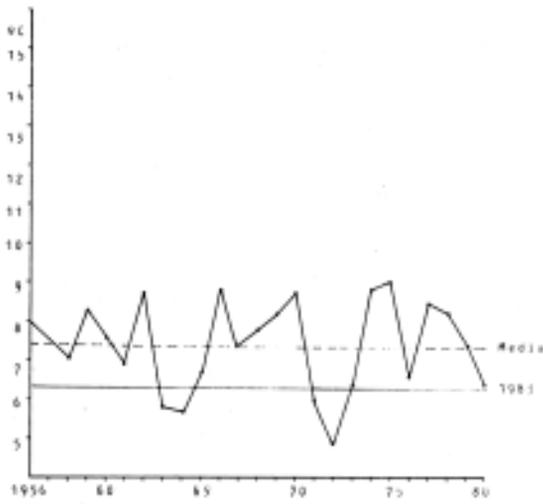


Fig. 25. Tª medias por años para el mes de Enero. Eibar.

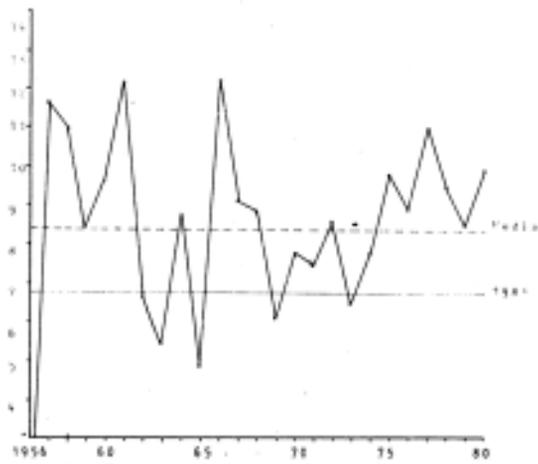


Fig. 26. Tª medias por años para el mes de Febrero. Igeldo.

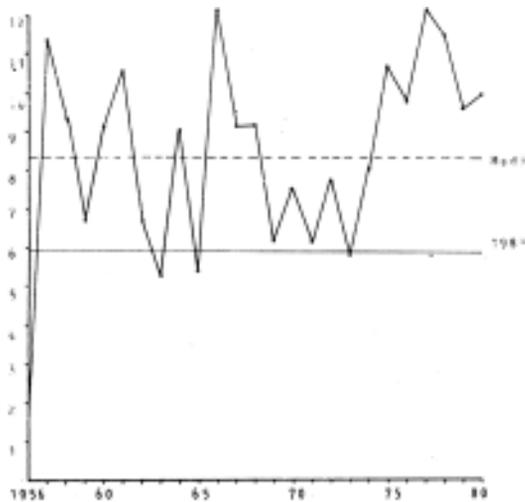


Fig. 27. Tª medias por años para el mes de Febrero. Eibar.

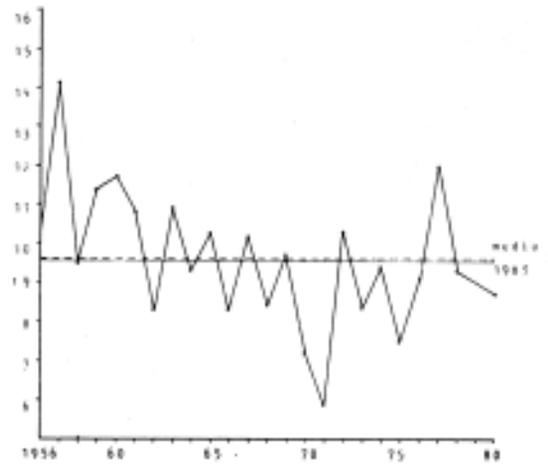


Fig. 28. Tª medias por años para el mes de Marzo. Igeldo.

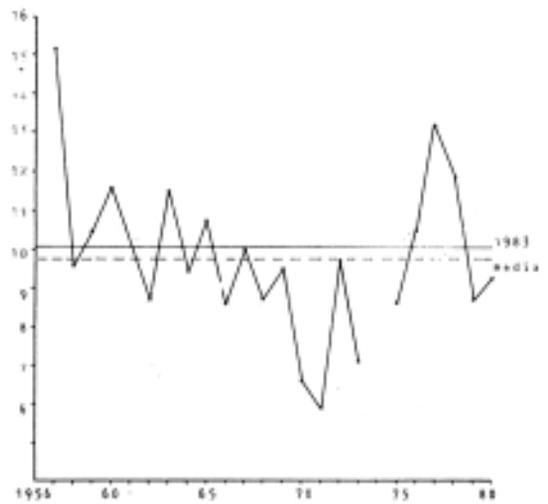


Fig. 29. Tª medias por años para el mes de Marzo. Eibar.

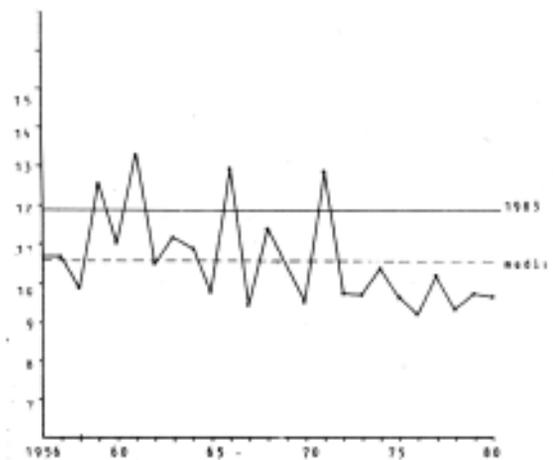


Fig. 30. Tª medias por años para el mes de Abril. Igeldo.

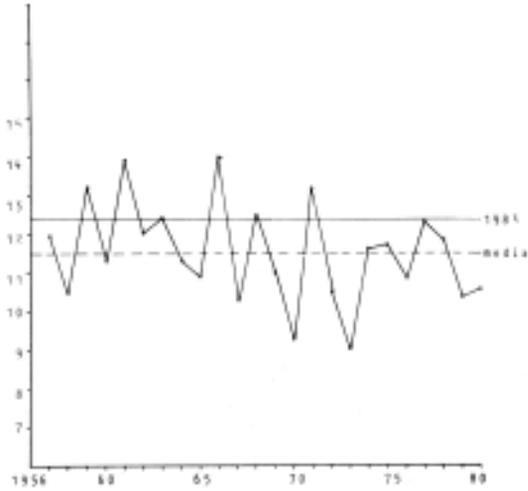


Fig. 31. Tª medias por años para el mes de Abril. Eibar.

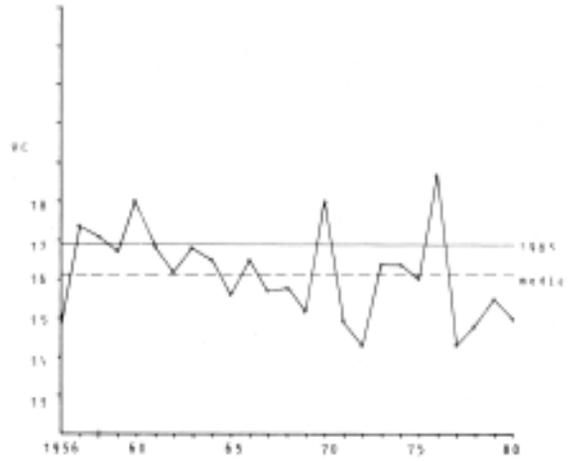


Fig. 34. Tª medias por años para el mes de Junio. Igeldo.

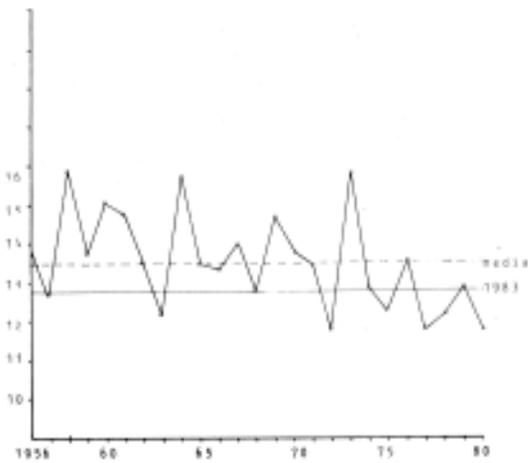


Fig. 32. Tª medias por años para el mes de Mayo. Igeldo.

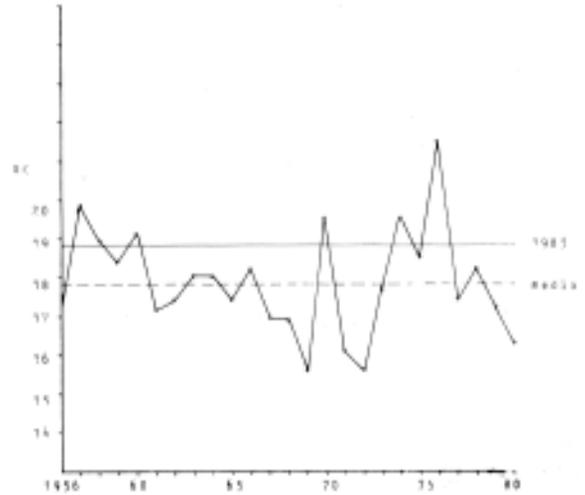


Fig. 35. Tª medias por años para el mes de Junio. Eibar.

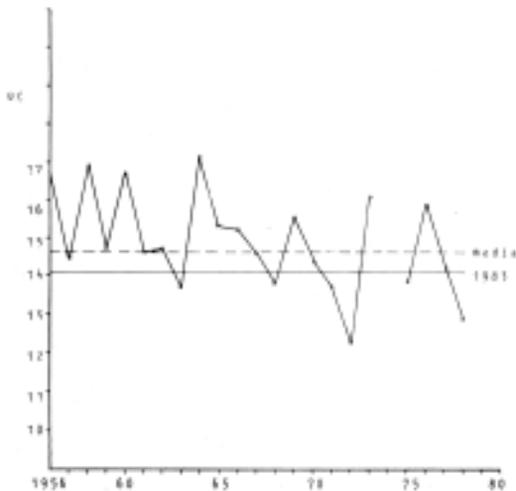


Fig. 33. Tª medias por años para el mes de Mayo. Eibar.

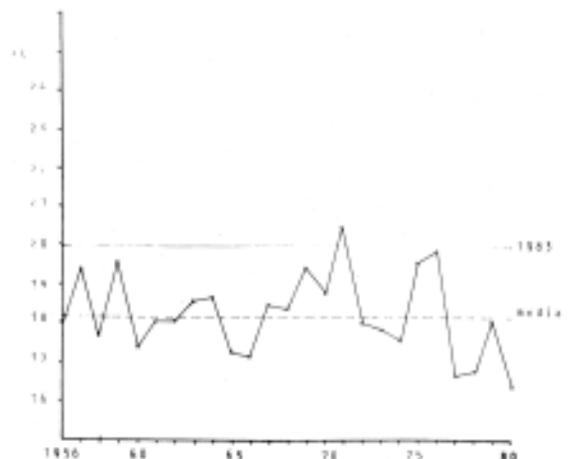


Fig. 36. Tª medias por años para el mes de Julio. Igeldo.

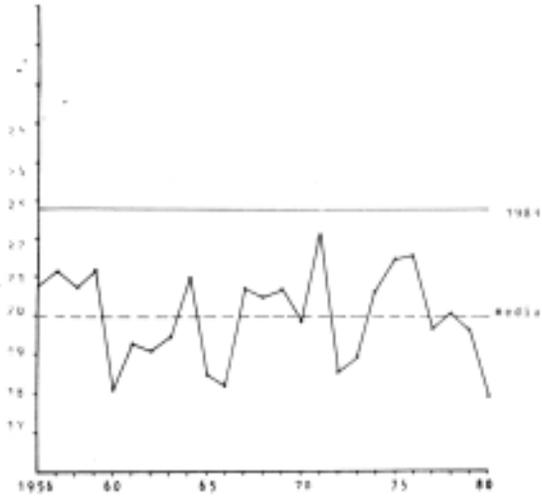


Fig. 37. Tª medias por años para el mes de Julio. Eibar.

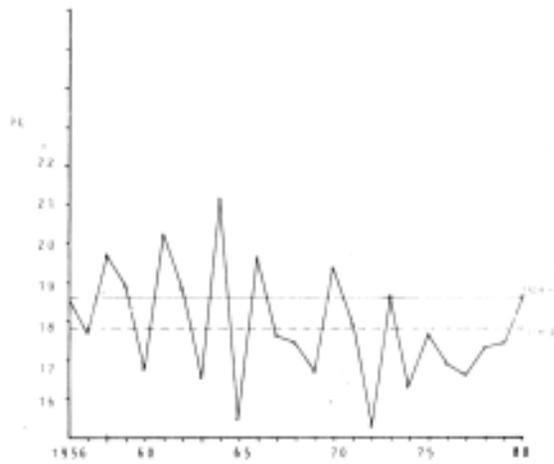


Fig. 40. Tª medias por años para el mes de Septiembre. Igeldo.

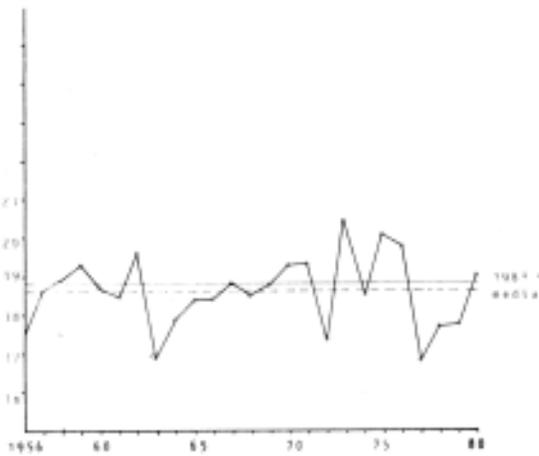


Fig. 38. Tª medias por años para el mes de Agosto. Igeldo.

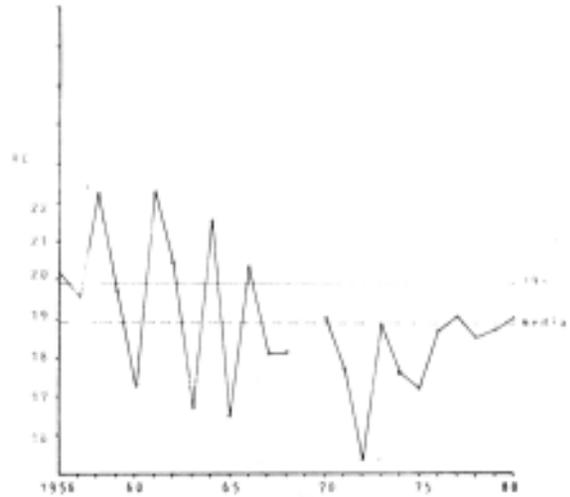


Fig. 41. Tª medias por años para el mes de Septiembre. Eibar.

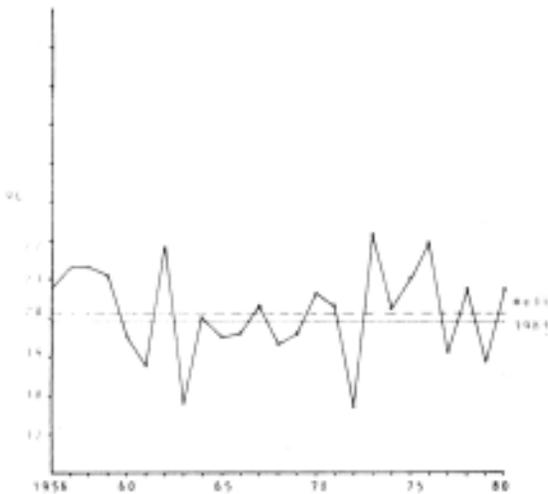


Fig. 39. Tª medias por años para el mes de Agosto. Eibar.

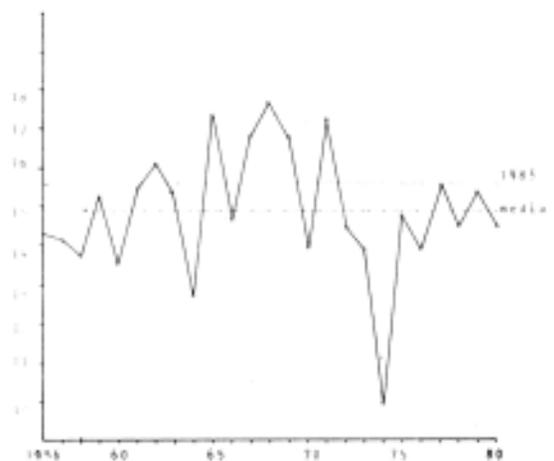


Fig. 42. Tª medias por años para el mes de Octubre. Igeldo.

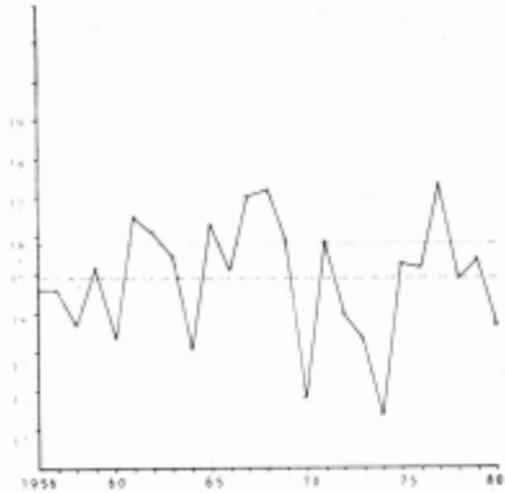


Fig. 43. Tª medias por años para el mes de Octubre. Eibar.

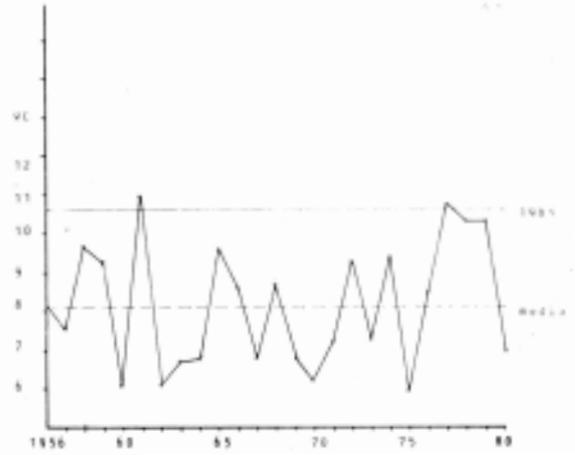


Fig. 46. Tª medias por años para el mes de Diciembre. Igeldo.

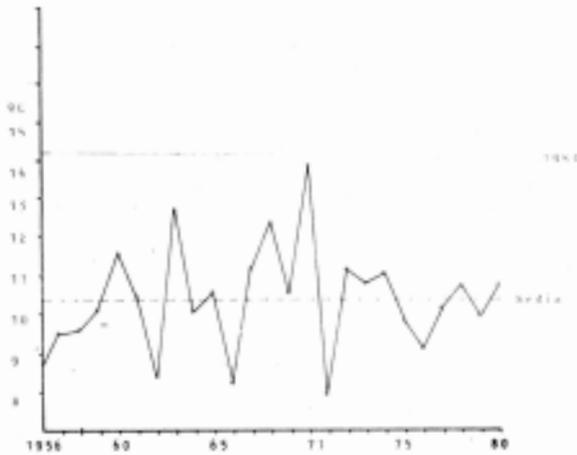


Fig. 44. Tª medias por años para el mes de Noviembre. Igeldo.

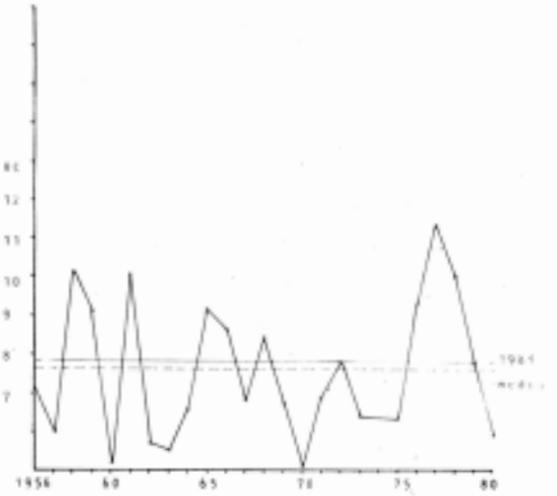


Fig. 47. Tª medias por años para el mes de Diciembre. Eibar.

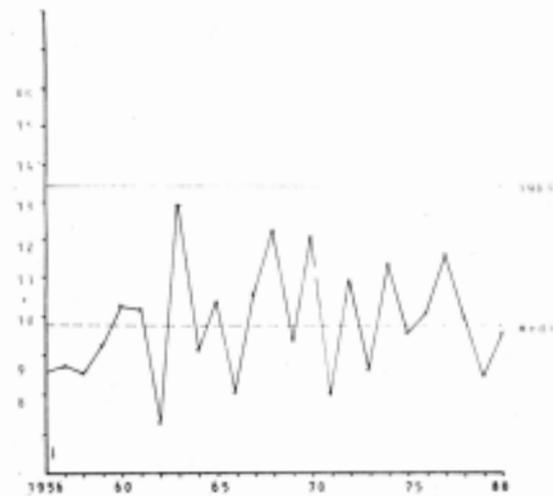


Fig. 45. Tª medias por años para el mes de Noviembre. Eibar.

3.5.4. NUBOSIDAD

Para una media de 25 años el número de días despejados, nubosos y cubiertos, son respectivamente en media anual, de 32,15, y 178 días/año, representando el 8,8%, 42,4% y 48,6%.

El mes con mayor nubosidad es diciembre con valores de 3 días despejados, 11 nubosos y 17 cubiertos, representando en % el 9,6; 35,6 y 54,8 respectivamente.

El menos nuboso es julio con 4 días despejados 14 nubosos y 13 cubiertos (13,5%, 45% y 42%).

Estos datos pertenecen a la estación de Igueldo.

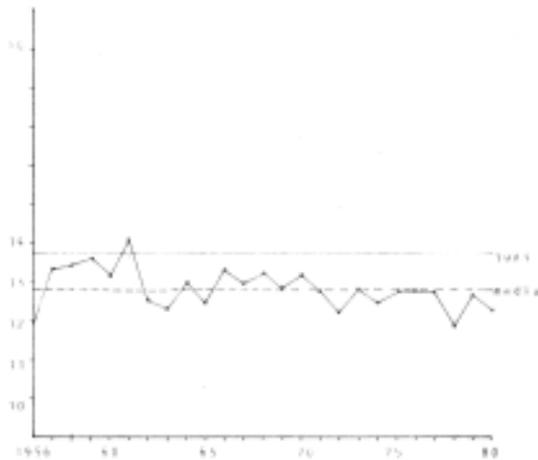


Fig. 48. Tem. medias anuales. Igeldo.

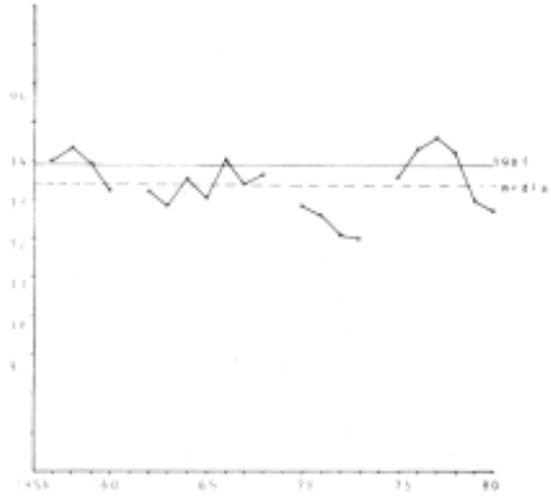


Fig. 49. Tem. medias anuales. Eibar.

3.5.4.1. DATOS DE NUBOSIDAD PARA EL AÑO 1983

Los valores de n.º de días despejados, nubosos y cubiertos son de, 48, 163 y 150 respectivamente (13,2%, 44,7%, 42,1%). El mes que más días a aparecido nublado o cubierto ha sido agosto, con dos días de cielo despejado, 12 nublado y 17 cubierto, siendo en tantos por ciento, 6,4%, 38,7% y 54,9%.

Con respecto a los años estudiados, hay mayor número de días despejados en 1983, pero los meses de verano, presentan valores menores a la media.

3.5.5. HORAS DE SOL

Contamos con los datos de Igeldo. La media en 25 años de n.º de horas de sol, es de 1.831 h. El mes más soleado es julio con 215 horas (7,5 h/día) y agosto con 214 (6,9 h/día).

La mayor insolación efectiva la recibe el mes de agosto al ser más elevado el tanto por ciento de intensidad de radiación.

3.5.5.1. HORAS DE SOL. AÑO 1983

El número de horas de sol, ha sido de 1.276 (3,5 horas/día), siendo septiembre el mes con mayor número de horas con 172 (5,7 h/día), y febrero el menor con 63 horas (2,2 h/día).

El n.º de horas de sol es muy inferior a la media de 25 años, siendo los meses veraniegos de junio, julio y agosto, con 157,78 y 126 horas de sol, valores más bajos de la media normal, lo que repercutirá en los valores de evapotranspiración.

3.5.6. PLUVIOMETRIA

La media anual de Igeldo, es de 1.603 mm/m² y de 1.550 mm/m² para Eibar. El reparto de las lluvias es regular, existiendo máximas en época fría (noviembre-abril) y mínimo de junio a septiembre.

El máximo de precipitación se sitúa en noviembre-diciembre, con 190 y 182 mm/m² de media para Igeldo y 205 para Eibar. Estas situaciones de pluviometría se producen, cuando son más profundas y frecuentes las depresiones atlánticas y más activos los frentes asociados a ella.

El mínimo de precipitación se sitúa en julio con 78 mm/m² en Igeldo y 49 mm/m² para Eibar.

En estiaje (meses de junio, julio y agosto) la precipitación para Igeldo es de 286,5 mm/mn y 198 mm/m² para Eibar.

La mayoría de las precipitaciones son durables, pudiendo ser su torrencialidad apreciable. La precipitación más apreciable registrada en 24 horas en el periodo 1967-79 es de 129 mm en Igeldo (Capel Molina 1983), aunque las precipitaciones, suelen ser en general de poca intensidad.

Comparando las dos estaciones, se aprecia una mayor pluviometría invernal en Eibar, y acusadamente menor (diferencia de 100 mm/m²) en verano.

Esto se puede explicar, por la situación relativa de los observatorios de Eibar e Igeldo. El primero de ellos está situado al pie de zonas montañosas de relativa altura (Urko 750 m.s.n.m.) que puede producir aumento de la pluviometría al paso de los diferentes frentes invernales.

En cambio en verano, una situación próxima a la costa, es más propensa a situaciones de tormentas que equilibren el déficit de precipitación.

De todos modos se puede decir que en ninguna de las estaciones observadas, hay estación seca, o mes sin precipitación. (Zarauz, Eibar, Azpeitia e Igueldo). Todas tienen cantidades superiores a 30 mm/m². El mes más seco tiene como mínimo la 3.^a parte de la precipitación del mes más lluvioso.

La falta de estación seca la explica A. Uriarte (2) como «debido a la situación marginal en su margen oriental respecto al anticiclón de las Azores en verano, siendo la costa vasca afectada por vientos del Norte, que conjugados con los montes vascos y de las estribaciones pirenaicas, y con las altas temperaturas veraniegas de las aguas del vértice oriental del golfo de Vizcaya, provocan precipitaciones abundantes y evitan la sequía estival».

Con respecto a las variaciones de las precipitaciones, según el flujo, se puede observar que los flujos oceánicos, y entre ellos los del primer cuadrante, son los que más riesgo proporcionan. Los menos lluviosos son los flujos que proceden del interior de la península y el Mediterráneo (Ruiz de Urrestarazu 1983).

El porcentaje que aporta cada situación (1968-70) en Igueldo es:

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
21,6	9,8	2,7	6,4	1,6	5	19,9	3,3

(Según datos de Ruiz de Urrestarazu E. «La transición climática del Cantábrico Oriental al Valle medio del Ebro»).

El área de estudio según su situación relativa con respecto a la costa y a los macizos montañosos próximos (Ernio, Izarraitz) puede dar valores invernales cercanos a los de Eibar o Azpeitia, y valores veraniegos más altos por su mayor cercanía a la costa (6 km en línea recta).

3.5.6.1. DATOS PLUVIOMETRICOS DEL AÑO 1983

El año observado, ha sido atípico en cuanto a distribución de precipitaciones, dando una pluviometría anual más baja que la media general. Los valores han sido para Igueldo de 1.364 mm/m², 1.438 mm/m² para Eibar, 1.143 para Zarauz y 1.304 mm/m² para Azpeitia.

El mes más lluvioso fue el de agosto con 352 mm/m² (Igueldo), 425,7 mm/m² (Eibar), 331 mm/m² (Zarauz) y 375,5 mm/m² (Azpeitia).

El mes menos lluvioso fue el de septiembre, con valores también excepcionales por su escasez. 37,7

para Igueldo, 13,3 para Eibar, 24 para Zarauz y 17,7 mm/m² para Azpeitia.

Los meses del año con precipitaciones superiores a la media, han sido los de febrero, julio, y excepcionalmente superior agosto.

Destacan como muy secos respecto a los 25 años observados, los meses de diciembre, noviembre, septiembre y enero.

3.5.6.2. REGIMEN PLUVIOMETRICO DURANTE EL PERIODO 1956-80

En los gráficos 50 al 75 se ha representado los datos referentes a las precipitaciones en cada uno de los meses del año en los 25 observados. La línea horizontal a trazos indica el valor medio y la línea continua el valor para 1983.

Los valores extremos por mes en los distintos años son:

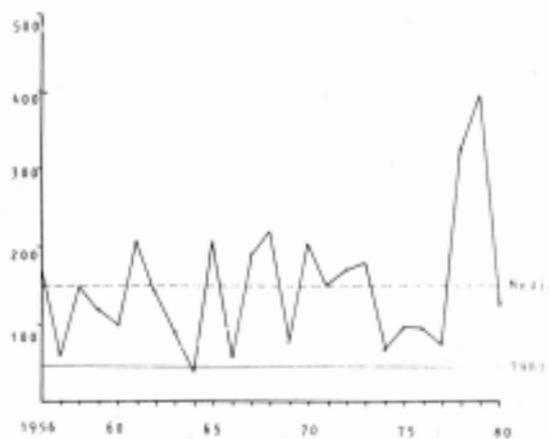


Fig. 50. Precipitación media. Enero. Igueldo.

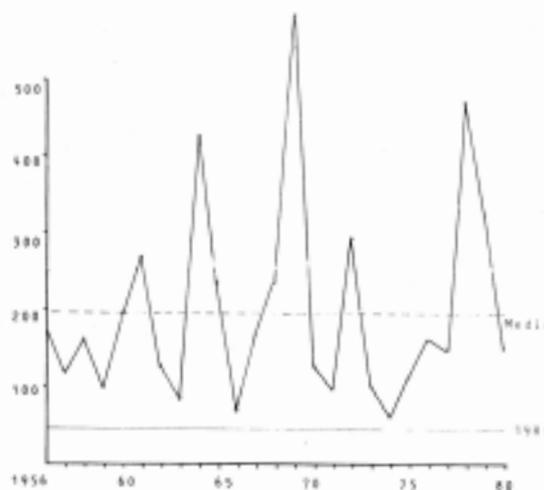


Fig. 51. Precipitación media. Enero. Eibar.

Enero	máximo	mínimo	media
Igueldo	395(79)	60,8(66)	149,2
Eibar	464(78)	61 (74)	194,5
Zarauz	313(78)	34,5(64)	129,8

Febrero	máximo	mínimo	media
Igueldo	196(73)	22,8(67)	105,2
Eibar	244(73)	18,9(67)	115,5
Zarauz	193(73)	13,4(67)	93,8

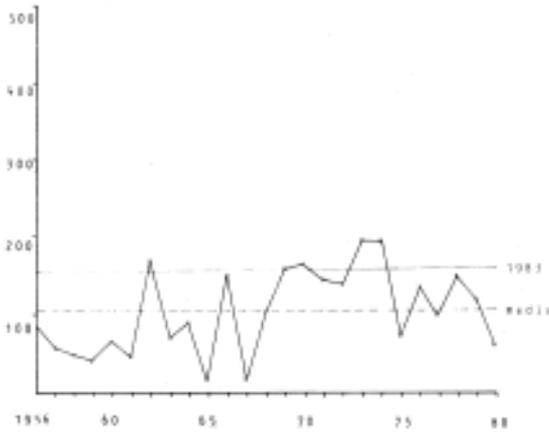


Fig. 52. Precipitación media. Febrero. Igueldo.

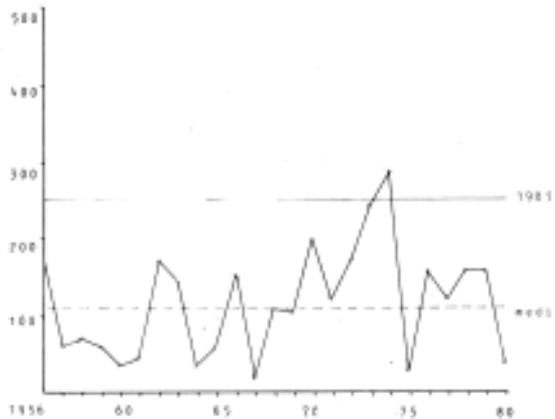


Fig. 53. Precipitación media. Febrero. Eibar.

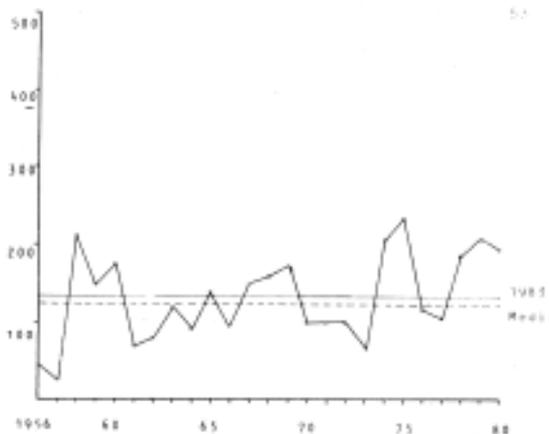


Fig. 54. Precipitación media. Marzo. Igueldo.

Marzo	máximo	mínimo	media
Igueldo	233(75)	25,9(57)	132,7
Eibar	339(75)	2,7(61)	150,4
Zarauz	228(58)	1,4(61)	112,

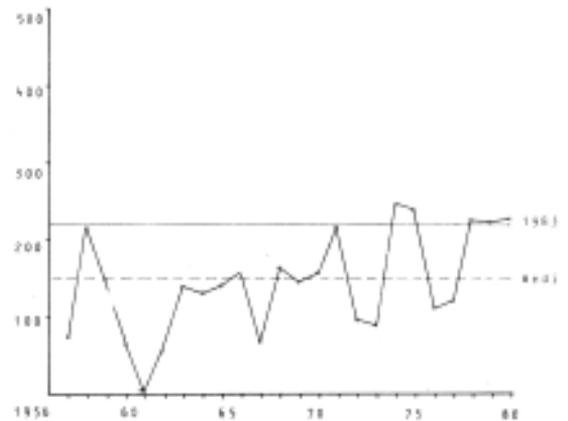


Fig. 55. Precipitación media. Marzo. Eibar.

Abril	máximo	mínimo	media
Igueldo	276(79)	47 (80)	153,7
Eibar	255(79)	48,8(60)	148,9
Zarauz	207(64)	32,2(80)	122,6

Mayo	máximo	mínimo	media
Igueldo	263(80)	67 (76)	128,3
Eibar	246(77)	24,9(76)	115,9
Zarauz	277(77)	32,9(61)	102,1

Junio	máximo	mínimo	media
Igueldo	205(66)	15,8(76)	100,2
Eibar	229(57)	11,7(76)	79,6
Zarauz	159(77)	15,6(76)	75,9

Julio	máximo	mínimo	media
Igueldo	170(76)	16 (75)	78
Eibar	172(77)	2 (75)	49,3
Zarauz	130(76)	1,9(75)	54,9

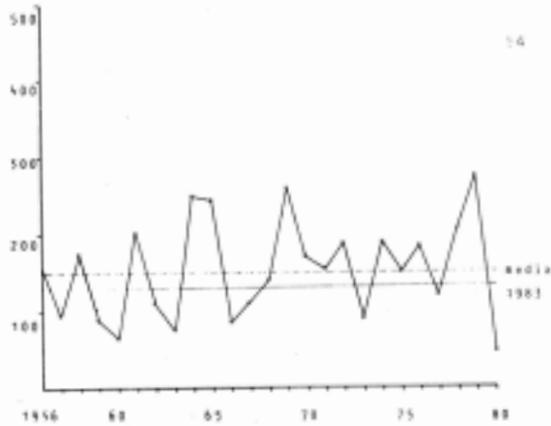


Fig. 56. Precipitación media. Abril. Igeldo.

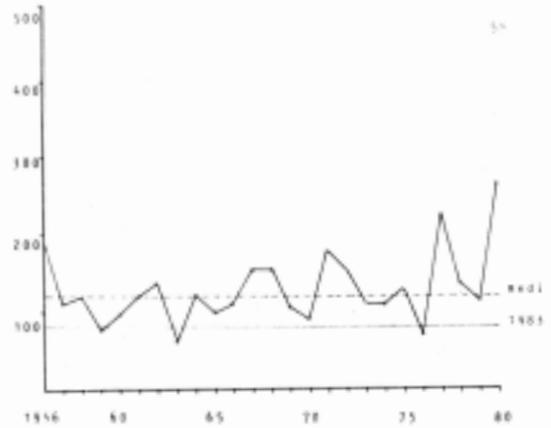


Fig. 59. Precipitación media. Mayo. Eibar.

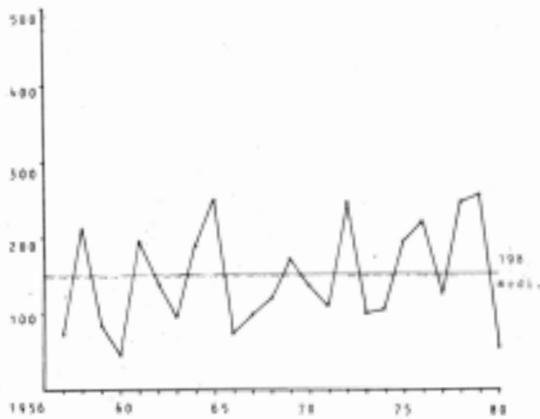


Fig. 57. Precipitación media. Abril. Eibar.

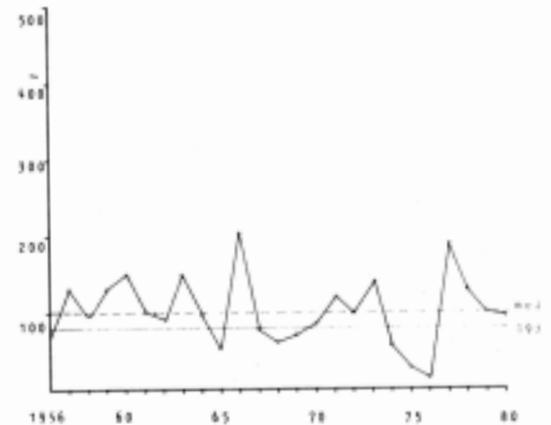


Fig. 60. Precipitación media. Junio. Igeldo.

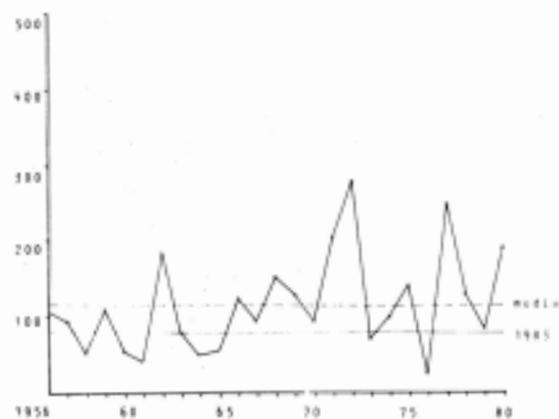


Fig. 58. Precipitación media. Mayo. Igeldo.

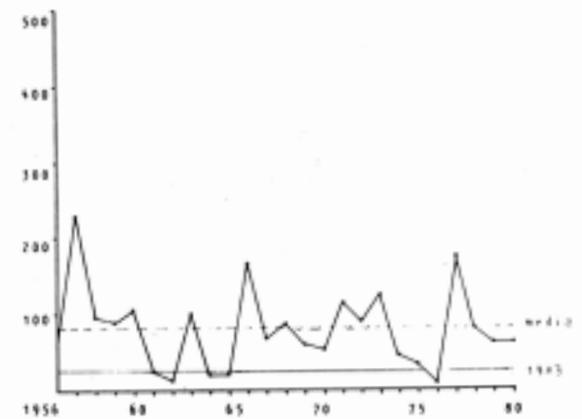


Fig. 61. Precipitación media. Junio. Eibar.

Agosto	máximo	mínimo	media	Septiembre	máximo	mínimo	media
Igeldo	252(63)	31,5(62)	108,3	Igueldo	267(65)	9,2(77)	134,7
Eibar	250(63)	17,1(57)	69,3	Eibar	225(63)	2,2(77)	86,7
Zarauz	296(65)	20,7(62)	89,6	Zarauz	253(65)	3,3(77)	108,6

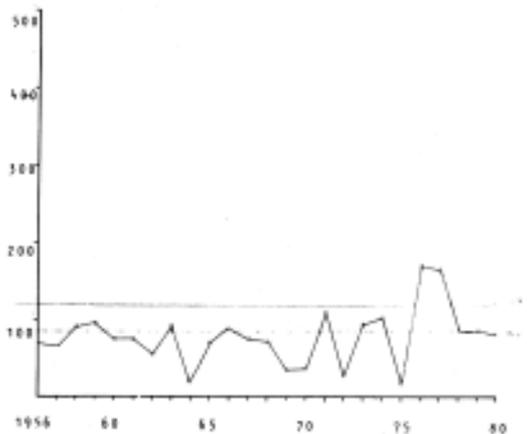


Fig. 62. Precipitación media. Julio. Igeldo.

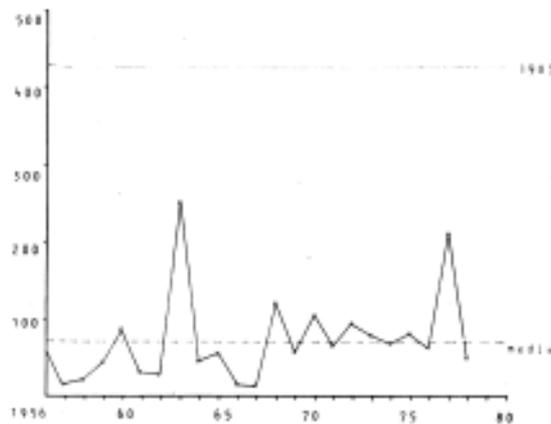


Fig. 65. Precipitación media. Agosto. Eibar.

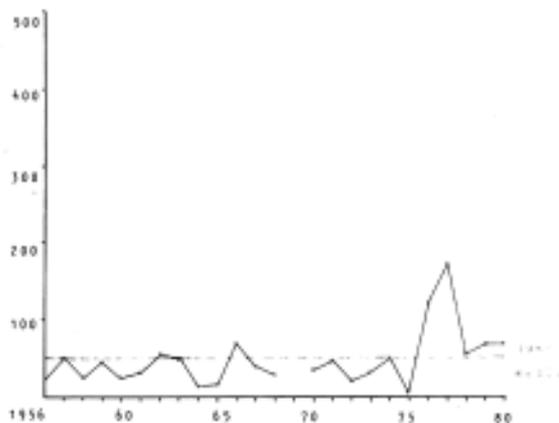


Fig. 63. Precipitación media. Julio. Eibar.

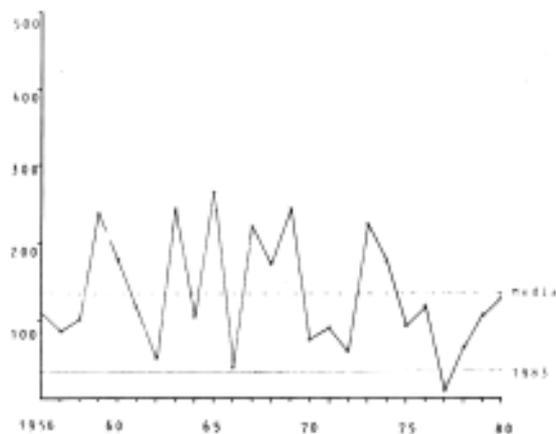


Fig. 66. Precipitación media. Septiembre. Igeldo.

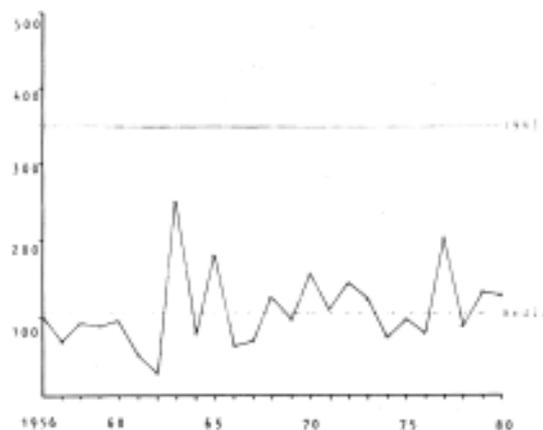


Fig. 64. Precipitación media. Agosto. Igeldo.

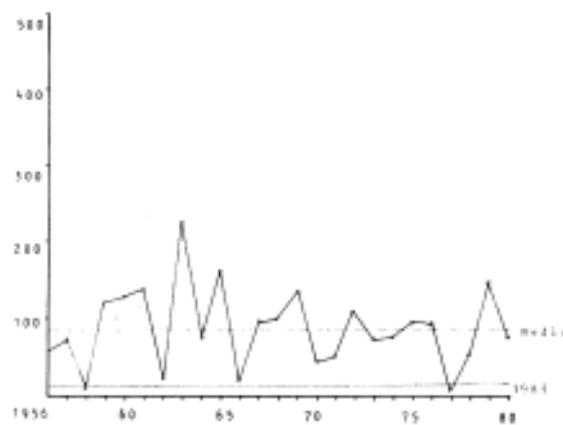


Fig. 67. Precipitación media. Septiembre. Eibar.

Octubre	máximo	mínimo	media	Noviembre	máximo	mínimo	media
Igueldo	324(66)	24 (65)	139,9	Igueldo	374(66)	72,6(78)	189,7
Eibar	318(80)	9,7(69)	130,5	Eibar	360(61)	59,7(72)	205,4
Zarauz	472(74)	7,5(69)	124	Zarauz	325(71)	54 (78)	168,1

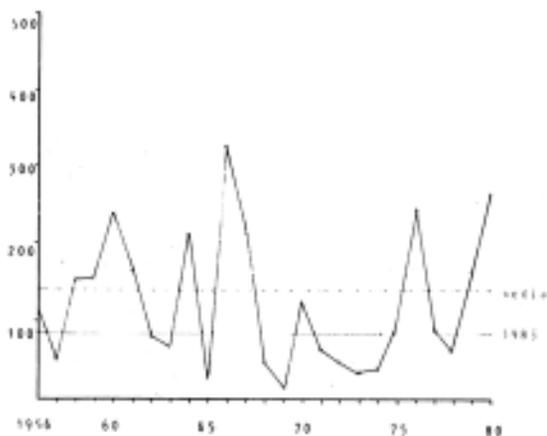


Fig. 68. Precipitación media. Octubre. Igeldo.

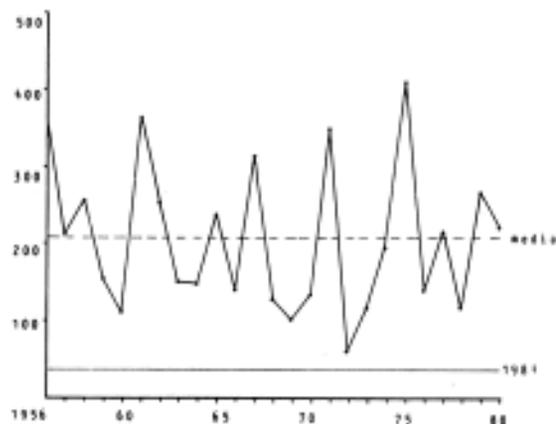


Fig. 71. Precipitación media. Noviembre. Eibar.

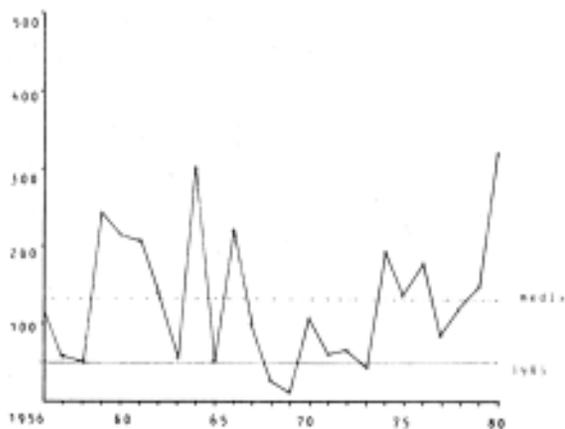


Fig. 69. Precipitación media. Octubre. Eibar.

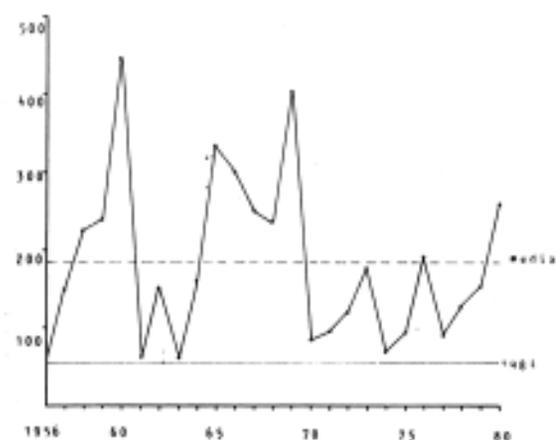


Fig. 72. Precipitación media. Diciembre. Igeldo.

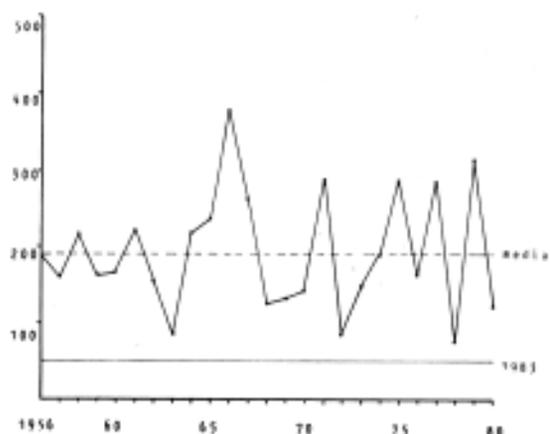


Fig. 70. Precipitación media. Noviembre. Igeldo.

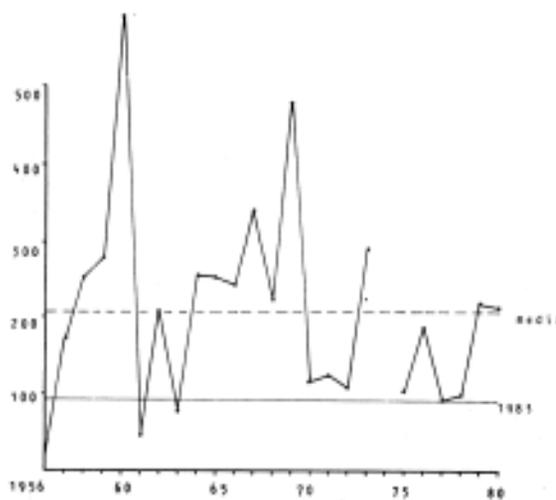


Fig. 73. Precipitación media. Diciembre. Eibar.

Diciembre	máximo	mínimo	media
Igueldo	443(60)	56,7(56)	182,5
Eibar	577(60)	24 (56)	204,8
Zarauz	394(60)	42 (56)	155,3

En la figura 75 se aprecia la gráfica con la precipitación total recogida en cada uno de los años de la serie, destacando como muy lluvioso el año 1979 con 2.207,8 mm/m² y el menos lluvioso 1.957 con 1.037,7 mm/m². No existe ningún año con precipitación inferior a 1.000 mm/m².

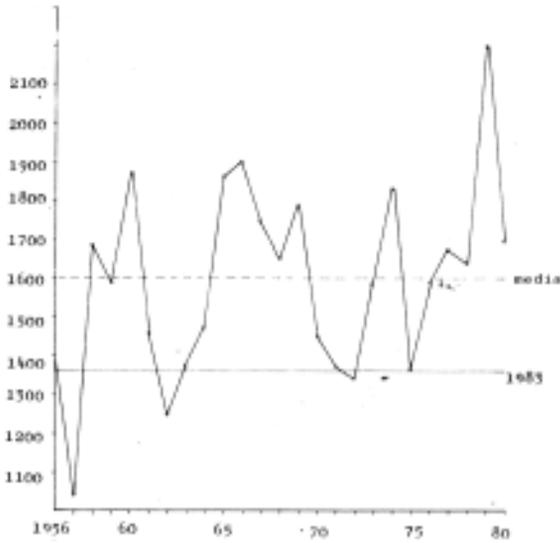


Fig. 74. Precipitaciones medias anuales. Igeldo.

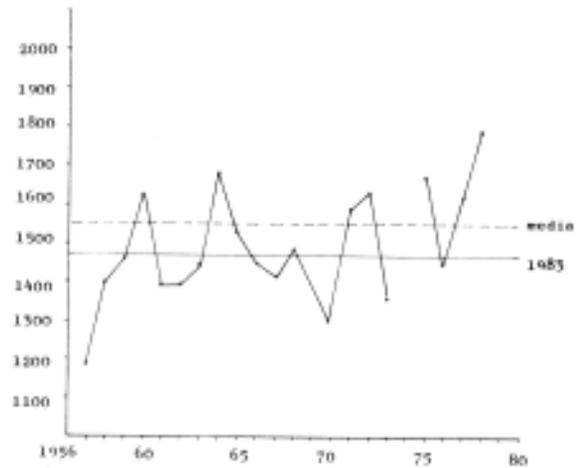


Fig. 75. Precipitaciones medias anuales. Eibar.

Los meses con mayor desviación standar en cuanto a precipitaciones, es octubre y diciembre y el menor julio..

3.5.7. NUMERO DE DIAS DE LLUVIA

Los días de precipitación se reparten con regularidad a lo largo del año sin mucha variación. La media anual de días de precipitación es muy alta, Igueldo 194 días y Eibar 144 días. Julio es el mes con menor n.º de días de lluvia 14 (Ig.) y 9 (Eib.). El mes con mayor número de días de precipitación es abril y diciembre 18 y 17 (Ig.) y diciembre con 16 para Eibar. Fig. 76 y 77

En Zarauz el n.º de días de lluvia en media anual es de 141,7, inferior a Igueldo y Eibar. El mes con mayor n.º de días de precipitación es diciembre (13,8 días) y el menor julio (8,7 días).

En el año 1983, el reparto de días de lluvia a lo largo de los meses ha sido, como en el caso de la precipitación, atípico.

Ha dado un gran número de días de lluvia (204 para Igueldo y 172 para Eibar), siendo los meses veraniegos los que mayor número presentan (junio, julio y agosto, 53 días). El mes que presenta esta variable mayor es agosto 23 (Ig.) y 22 (Eib.). El mínimo es para junio y enero 10 (Ig.) y 9 (Eib.). El mínimo de Eibar es septiembre con 7 días.

3.5.8. VARIABILIDAD RELATIVA DE LA PRECIPITACION.

Para hallar este parámetro, hemos utilizado el índice de variabilidad relativa de Biel y Conrad, según la siguiente expresión:

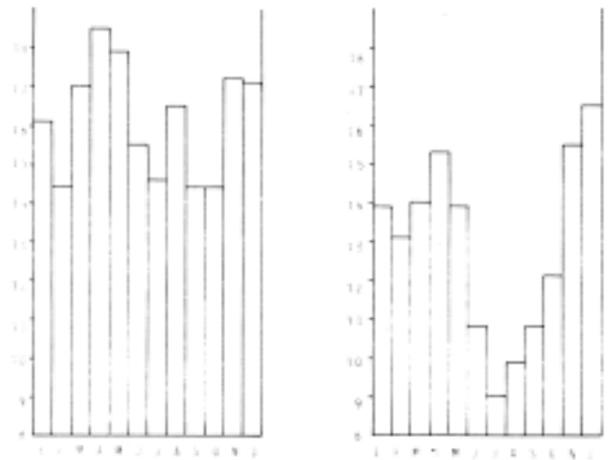


Fig. 76. Número de días de lluvia. Igeldo (1956-80).

Fig. 77. Número de días de lluvia. Eibar (1956-80).

$$V_r = \frac{\sum D_i}{n \bar{R}} \times 100$$

Este índice se determina en tantos por cientos, siendo:

D_i el valor absoluto de las desviaciones individuales respecto a la media aritmética.

Aplicando esta expresión a cada uno de los meses del año, se puede determinar la mayor o menor regularidad respecto al régimen de precipitación.

Un valor bajo nos representaría un comportamiento regular, siendo un valor alto un signo de irregularidad.

El mayor índice de variabilidad lo da el mes de octubre (48) y el menor, mayo (25,19).

Los meses veraniegos, donde se da el estiaje máximo, da valores bastante bajos, lo que da unos índices de variabilidad medios.

Los meses de otoño dan valores altos. Septiembre 46 y octubre 48,1.

El índice de variabilidad relativa anual es del 12,2%, lo que determina poca variación en cuanto a precipitación anual.

3.5.9. INTENSIDAD DE PRECIPITACION.

Se define la intensidad de precipitación según la siguiente expresión.

$$I_p = \frac{\bar{R}}{N}$$

La intensidad máxima de precipitación se da en noviembre, 11 mm/d. y diciembre 10,6 mm/d. Para Eibar el mes de enero es el de mayor índice 14 mm/d., seguido de diciembre y noviembre, 13,4 mm/d. y 13,3 mm/d.

En Eibar en los meses invernales hay mayor intensidad de precipitación.

El menor índice lo da julio con 5,3 mm/d para Igeldo y 5,4 para Eibar. El conjunto de los meses veraniegos, junio, julio y agosto, dan valores de 6,5; 5,3; y 6,6 mm/d. para Igeldo y 7,4; 5,4; y 7 mm/d. para Eibar.

Este índice va a ser muy importante a la hora de justificar la infiltración, tal y como tratamos en el apartado de hidrogeología.

3.5.10. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Para el cálculo de los valores de evapotranspiración potencial, se ha empleado los procedimientos empíricos de Thomhtwaite y Türç.

El concepto de evapotranspiración potencial o pérdidas por evaporación, se inscribe en el supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa. (Thorntwaite 1948).

Atendiendo al procedimiento de Türç, se ha empleado la expresión:

$$ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} (R_i + 50)$$

Siendo t, la temperatura media del mes y R_i la radiación global incidente, media diaria del mes en cal/cm².d.

Por el método Thorntwaite, se utiliza la variable de la temperatura media mensual, para calcular el índice de calor.

$$i = (t/5)^{1,514}$$

El cálculo de la evapotranspiración potencial se ha realizado según:

ETP = K. ϵ ; Siendo K:

$$K = \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30} \cdot d$$

$$\epsilon = 16 (10t/l)^a$$

N es el n^o máximo de horas de sol según latitud.

d = n^o días del mes.

$$a = 675 \cdot 10^{-9} \cdot l^3 - 771 \cdot 10^{-7} \cdot l^2 + 1972 \cdot 10^{-5} \cdot l + 0,493239$$

Por estos procedimientos calculamos los valores medios anuales de ETP para Igeldo de 748,2 mm/m² según el método de Th. y 736,7 según el método de Türç.

El mes con menor índice de ETP es diciembre con 23 mm/m² (Th.) y 20,8 (Türç) para Igeldo, y 18,2 mm/m² (Th.) y 19,8 mm/m² (Türç) para Eibar.

Los meses de mayor índice, son los veraniegos, y en concreto julio con 115,7 mm/m² (Th.) y 105,8 mm/m² (Türç) para Igeldo y 124,6 (Th) y 110,2 (Türç) para Eibar.

En los meses de verano hay déficit en la precipitación.

3.5.10.1. DATOS PARA EL AÑO 1983

Los valores totales de ETP para Igeldo son de 736 mm/m² (Th.) y 620 mm/m² (Türç). En Eibar los valores son de 762,8 (Th.) y 607,2 (Türç). El mes con mayor ETP, es julio con 118,7 mm/m² (Th) y 70,4 (Türç) para Igeldo y 147 (Th) y 76 (Türç) para Eibar.

Existe déficit en los meses de junio, julio y septiembre.

3.6. RESUMEN DE ESTE APARTADO

Por los valores obtenidos y las correlaciones realizadas, el área de estudio, puede tener un régimen de precipitación más alto en los meses invernales, que las estaciones de la costa y algo menor en los vera-

niegos. La cercanía de la costa (6 km. en línea recta) hará que el régimen superior de precipitaciones veraniegas con respecto a las estaciones del interior (Eibar, Azpeitia) sea superior.

La presencia de macizos montañosos próximos con alturas superiores a los 1000 m.s.n.m. puede darle unas características climáticas cercanas a las de Eibar con mayor índice de precipitación en verano y temperaturas menos elevadas que esta misma estación.

La variable de temperatura es más difícil de precisar al no tener ninguna estación cercana. Su situación relativa y relacionando las estaciones de Eibar e Igeldo junto a la altura topográfica de la zona de estudio, nos proporcionarían valores intermedios entre las dos.

- \bar{D} = Valor medio del nº de días despejados.
- \bar{N} = Valor medio del nº de días nublados.
- \bar{T} = Valor medio del nº de horas de sol.
- I_p = Intensidad de precipitación.
- V_r = Variabilidad relativa de la precipitación.
- i = Índice de calor mensual
- I = Índice de calor anual.
- a = Coeficiente.
- E = Evaporación potencial media
- N = Nº máximo de horas de sol, 439h
- ETP = Evapotranspiración potencial.
- RA = Radiación global incidente (sin atmósfera)
- Ri = Radiación global incidente, sobre superficie lisa y horizontal.
- ω = Rocío nº días.
- ω = Escarcha, nº días.
- \equiv = Niebla, nº días.
- ∇ = Tormenta, nº días.
- \triangle = Granizo, nº días.

SIMBOLOS

- \bar{T} = Valor medio de la temperatura media diaria °C.
- \bar{T}_m = Valor medio de la temperatura máxima diaria °C.
- \bar{T}_n = Valor medio de la temperatura mínima diaria °C.
- \bar{R} = Valor medio de la precipitación total en mm/m²
- \bar{H} = Humedad relativa, %.
- \bar{D}_r = Valor medio del nº de días de lluvia.
- \bar{C} = Valor medio del nº de días cubiertos.

	\bar{T}	\bar{T}_m	\bar{T}_n	\bar{R}	\bar{H}	\bar{D}_r	\bar{C}	\bar{D}	\bar{N}	\bar{T}	I_p	V_r	ω	ω	\equiv	∇	\triangle	V#	ETP	METRY
E	7,9	17,7	-1,3	149	74,8	16,2	16,2	2,5	12	2,9	9,2	42,4	1,2	2,6	4,7	1,6	1,4	S	24,6	22,6
F	8,5	18	-1,3	105	72,6	14,5	15,5	2	10,8	3,9	7,2	45,2	1,5	1,6	3,3	1,2	1,3	S	26,3	32,4
M	9,6	20,9	0,2	133	73	17	15,9	2,5	12,6	4,9	7,8	36,9	2,3	1,1	4,6	1,3	1	N	39,2	48,2
A	10,6	22,4	2,8	154	78,4	18,5	17	1	11,8	5,2	8,3	34,7	2,3	0,1	7,7	9,7	0,5	N	48,2	61,2
My	13,5	26,5	5,9	129	78,8	17,8	15,4	1,8	13,8	6,3	7,2	25,2	3,4		8,4	3,3		N	79,6	83,1
J	16,1	28,6	9,3	100	81,6	15,5	14,2	2,3	13,4	6,8	6,5	33,6	4		7,7	3,4		N	93,7	96,7
Jl	18,3	30,5	11,8	78	81,9	14,6	13	4	14,2	7,5	5,3	33,7	5,8		5,5	3,1	0,2	N	116	106
Ag	18,6	31,2	11,8	108	82	16,4	12,7	3	15,5	6,9	6,6	38,3	6,3		5,9	3,6		N	109	95
S	17,8	29,8	9,9	135	80	14,4	12,5	3,7	14,1	5,4	9,3	46	6,2		6,3	3,4		N	87,5	72,4
O	14,9	25,1	6,4	140	77,1	14,5	13	3,5	13,5	4,7	9,6	48,1	4		5,7	2	0,4	S	65,9	60,7
N	10,4	19,2	1,6	190	77,2	17,2	15,3	3	11,6	3,5	11	28,7	2,3	1,3	3,8	2	0,8	S	34,2	20,6
D	8,2	17	-0,6	182	77,3	17,1	17,2	2,6	11	2,6	10,6	43,9	1,3	1,5	5,5	1,3	0,9	S	23,6	20,8
ANO	12,9	23,9	4,7	1603	77,9	194	178	32,3	154	5	8,3	12,2	40,4	8,2	69,1	27,96	6	N	748	710
	°C	°C	°C	l/m ²	%	nºd.	nºd.	nºd.	nºd.	h/d.	l/m ² d	%	nºd.	nºd.	nºd.	nºd.	nºd.		l/m ²	l/m ²

Tabla 1. Tabla de valores climáticos 1956-80 en Igeldo

	T	Tm	Tn	R	H	Dr	C	D	N	T	U	Vr	W	U	≡	R	Δ	Vd	ET	ETM	ETPT
E	7,3	17,5	-2,8	194		14					14								18,8	21,4	
F	8,3	19,5	-1,6	115		13					8,8								21,2	32,1	
M	9,8	22,5	-0,2	150		14					10,7								37,6	48,9	
A	11,5	22,7	1,6	149		15,3					9,7								47,2	64,1	
My	14,6	30,6	4,2	116		14					8,3								80,8	86,4	
J	17,9	33,1	7,9	80		11					7,4								103	101	
J1	20	35,4	9,9	49,3		9					5,4								125	110	
A	20,1	35,5	9,6	69,3		10					7								116	98	
S	18,9	33	7,9	86,7		11					8								90	74,3	
O	14,9	27,4	5,1	130		12					10,6								62	50,7	
N	9,8	20,2	0,4	205		15					13,3								29	28,7	
D	7,5	16,9	-0,8	204		17					12,4								20	19,8	
AÑO	13,4	24,7	3,4	1550		144					10,8								736	737	
	OC	OC	OC	l/m ²		nºd					l/m ² d								l/m ²	l/m ²	

Tabla.2-Valores climáticos 1956-80 en Eibar

	T	Tm	Tn	R	H	Dr	C	D	N	T	U	Vr	W	U	≡	R	Δ	Vd	ET	ETM	ETPT
E	9,2	12,2	6,3	48,7	72	10	9	9	13	2,8	4,9		4	4	6			NNW	24,8	24,4	
F	6,8	9,4	4,1	155	77	20	14	4	10	2,2	7,7		1	2	9	3	3	NW	18,4	23,1	
M	9,6	12,5	6,6	135	82	18	17	3	11	2,5	7,5		8		14	4	1	var	34,1	37,4	
A	11,9	15,4	7,9	129	63	18	12	1	17	3,7	7,1		3		4	2	2	NW	51,5	56,8	
My	12,8	16,4	9,3	114	77	21	15	2	14	3,9	5,4		9		10	3		NNW	61	65,6	
J	16,9	20,2	13,6	80	78	10	13	4	13	5,2	8		5		9	4		NNW	93,3	87	
J1	20	22,5	17,5	122	90	20	16	1	14	2,5	6,1		12		17	8		Var	118	70,5	
Ag	18,8	21,1	16,5	353	88	23	17	2	12	4	15,3		9		14	8		Var	108	74,3	
S	18,6	22,2	15,1	37,7	78	22	5	11	14	5,7	1,7		13		8	1		NNW	89,9	75,9	
O	15,6	19	12,1	86,6	75	11	7	7	17	4,4	7,9		12		8	1		NW	64	50,4	
N	14,2	16,6	11,8	50,5	76	16	15	3	12	2,1	3,1		5		8			NW	43,5	29,9	
D	10,6	12	6,7	54	72	15	10	5	16	2,6	3,6		9	1	6	1		NNW	28,7	24,4	
AÑO	13,7	16,3	10,6	1364	77,3	204	150	48	163	3,5	3,7		90	7	113	35	6	NNW	736	620	
	OC	OC	OC	l/m ²	%	nºd	nºd	nºd	nºd	nº/nº	l/m ² d		nº d	nº d	nºd	nº d	nº d		l/m ²	l/m ²	

Tabla 3. Valores climáticos 1983-Igeldo

	T	Tm	Tn	H	H	Dr	C	D	H	T	Is	Vr	W	U	≡	R	△	Vd	ETPTM	ETPTM
E	6,3	10,6	2	44,9		9					5								16,6	19
F	5,9	10	1,6	251		17					14,7								11,4	21
M	10,1	14,7	5,6	220		18					12,2								32,5	38,5
A	12,4	16,8	7,3	153		16					8,5								50	58
My	14,1	18,9	9,2	83		21					3,9								71,4	69
J	18,8	24,4	13,3	26		9					2,9								106	91,5
Jl	22,8	27,5	18,1	50		18					2,8								147	75,6
Ag	19,9	24	15,9	425		22					19,3								111	76,2
S	19,9	26,3	13,1	13,3		7					1,9								93	78,2
O	15,8	21,1	10,5	50,2		10					5								64	50,8
N	13,4	17,1	9,7	33,6		12					2,8								41	29
D	7,8	11,7	3,9	88,2		13					6,8								19,4	20,2
AÑO	13,9	18,6	9,2	1438		172					8,4								763	607
	OC	OC	OC	l/m ²		mOd					l/m ² d								l/m ²	l/m ²

Tabla 4. Valores climáticos año 1983 Eibar

4-GEOLOGIA

4.1. METODOLOGIA

La metodología seguida en la elaboración de este apartado, ha consistido en la recopilación bibliográfica que sobre este tema pudiera estar publicado.

También y teniendo en cuenta la explotación minera de los lignitos de Aizarna, se visitó la delegación de minas de Guipúzcoa para recoger los posibles datos geológicos que pudieran existir en sus archivos.

Posteriormente, se realizó el plano geológico a escala 1:25.000 del área de estudio, mediante interpretación de fotografía aérea y un reconocimiento directo sobre el terreno. Fig. 78 y 79

4.2. ENCUADRE GEOLOGICO GENERAL

El área de estudio se sitúa en las estribaciones del macizo de Ernio-Pagoeta, el cual forma parte del denominado Anticlinorio Tolosa-Monte Arno, que se extiende en dirección N.W.-S.E. desde Tolosa, con el macizo de Gaztelumendi y Uzturre al S.E. hasta el monte Arno al N.W.

El sinclinal de Aizarna está formado sobre el borde N.E. del periclinal de Gazume.

4.3. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ZONA

4.3.1. LITOLOGIA

La sucesión litoestratigráfica de la zona en serie normal, está formada por los siguientes materiales:

A—Argilitas y margas calcáreas, Aptiense Inferior

Situadas en la base del tramo calcáreo, aflorando en el borde S.W. Este tramo ha sido denominado por P. Rat como «Esquistos con Parahoplites», basal del Urganiano al encontrarse Amomnites de este género.

Estos materiales constituyen los niveles impermeables de base, de las calizas.

B—Calizas arrecifales. Aptiense.

Forman un cuerpo calcáreo de 450-500 mts de potencia máxima que aflora, prácticamente, en toda la superficie, exceptuando la ladera N.E. del monte Erztzin y parte del valle de Aizarna.

De muro a techo, lo forman calizas típicas urgonianas, masivas y con abundantes rudistas y corolarios, para pasar en los niveles altos a calizas estratificadas muy oscuras y niveles carbonosos con orbitolinas y corolarios.

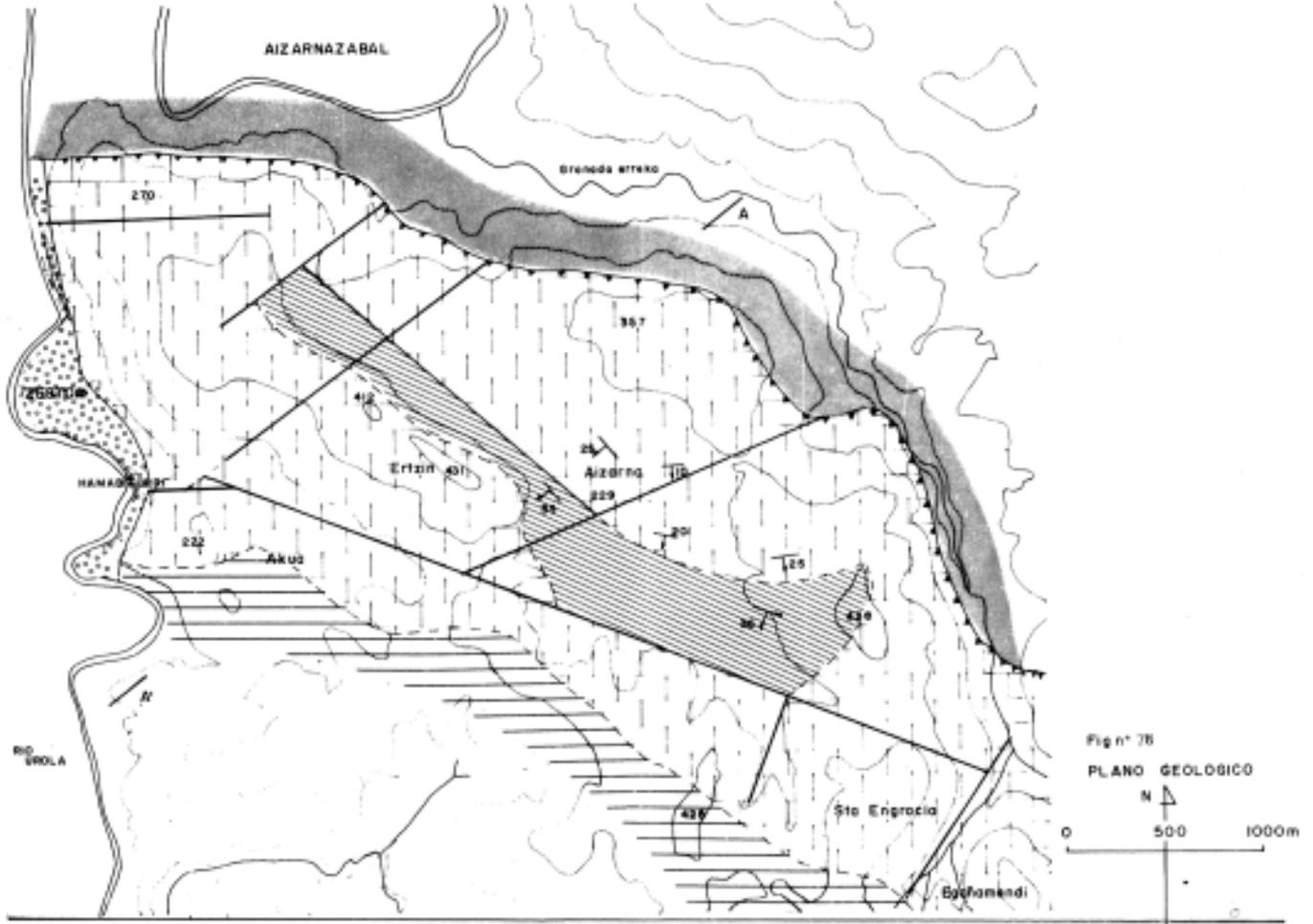


Fig nº 78
PLANO GEOLOGICO
N
0 500 1000m

Fig. 78. Plano geológico.

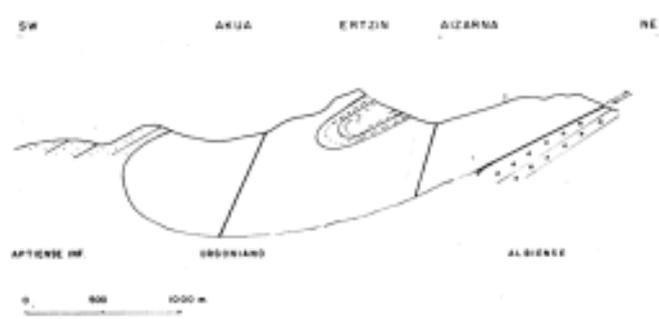


Fig. 79. Corte geológico A-A:

Estos niveles son los que van a albergar las aguas subterráneas infiltradas en el área. Presentan una gran karstificación externa, con profusión de campos de lapiaz y dolinas, donde se han formado las cuencas cerradas de Akua y Aizarna.

C—Marga-calizas y margas negras con niveles de lignito. Albiense inferior.

Este nivel está formado principalmente por margas y algunos bancos de calizas margosas con nodulos piritosos y limonitas. Entre estos materiales se alternan estratos de lignito.

La potencia máxima es de cien metros. Aflora exclusivamente en la cubeta de Aizarna, formando el

frente de cuesta del monte Ertzin y la zona S.W. del valle de Aizarna. En los niveles de lignito se han hallado glauconias y *Cerithium*.

Los niveles de lignito fueron explotados a finales del siglo pasado y treinta primeros años del presente, contabilizándose un total de 91 concesiones mineras.

La primera concesión fue en 1844 que fue a su vez la primera concesión oficial de la Delegación de Minas de Guipúzcoa.

El nº de capas que forma el paquete de lignitos es de cuatro. La primera capa tiene un metro de potencia aprovechable. La segunda, de tres mts. de potencia de lignito de mala calidad, una tercera de dos mts de potencia de buena clase y finalmente una cuarta capa de dos mts. de clase regular.

En época de explotación, se trabajaba fundamentalmente en la capa tercera, ya que se carecía de lavaderos para el tratamiento de carbones.(3),

D—Calizas y margas arenosas. Albiense Medio.

Este nivel se sitúa por encima del complejo urgoniano, con calizas arcillosas, limonitas y calizas arenosas. Afloran al N.E. al cabalgar los tramos calizos sobre ellos. Desde el punto de vista del alcance de este estudio, carecen de interés.

E—Sedimentos de relleno de la depresión de Akua y Aizarna. Cuaternario.

Formado por arcillas de decalcificación y desmantelamiento de los tramos margosos.

4.4. ESTRUCTURA.

Estructuralmente, el conjunto forma un sinclinal cuyo flanco S.W. se encuentra tumbado. El eje del sinclinal de dirección N.W.-S.E. sigue aproximadamente la ladera N.W. del monte Ertzin y parte del valle de Aizarna, alargándose el mismo siguiendo su eje.

Los tramos calcáreos del monte Ertzin y valle de Akua se encuentran invertidos.

La situación de los niveles de calizas estratificadas con orbitolinas, situados en el techo del tramo ur-

(3) Según el informe de la compañía arrendataria actual de las concesiones mineras, «La explotación fue un tanto irracional, como consecuencia de frecuentes interrupciones emanadas de las fluctuaciones del mercado de carbones y las características de los medios técnicos para su explotación. En las labores más profundas, C. Fermín, de 350 m de longitud, abierta por debajo de la carretera de Aizarna, tenía problemas de ventilación, explotando una pequeña zona sobre la galería de dirección.

(4) Rat. Pierre. «Les Pays Crétacés Basco-Cantabriques».

goniano junto a la situación de los lignitos, nos lleva a esta conclusión.

P. Rat en su tesis doctoral indica que la posición de las minas de lignito, se explica perfectamente por la existencia de un horizonte fértil, situado estratigráficamente debajo de las calizas urgonianas de la cuesta N.E. de Aizarna y de la cresta de Ertzin, plegado en sinclinal. (4)

Las capas situadas al N.E. de Aizarna se disponen normalmente, con un buzamiento de 25° S.W. tomando un rumbo, el plegamiento, N.W.—S.E.

Frente al casco urbano de Aizarna se inicia un ligero giro en el plegamiento, pasando a W. N.W.—E.S.E. con buzamientos de 20—25° S.SW.

Las calizas del monte Ertzin se encuentran en posición invertida a la normal, con un buzamiento de 35° SW. Estas capas se invierten aproximadamente a la mitad del frente de cuesta del monte Ertzin.

En los informes de las labores mineras de lignitos, cuyo tramo forma parte del núcleo del sinclinal, hacen mención a frecuentes plegamientos que se observan en los planos de las labores correspondientes a la zona central, no acusando falla, lo que no ocurriría en una sucesión monoclinial de la serie.

4.5.— TECTONICA.

Los rasgos tectónicos principales que presenta, son los siguientes:

Un cabalgamiento de los materiales calcáreos urgonianos sobre la serie de margas y calizas arenosas del Aptiense Superior. Este cabalgamiento se extiende desde el barrio de Iraeta por el N. hasta Granada erreka al S.E.

Fallas normales de dirección NW—SE situadas en la cuenca de Aizarna y de dirección W.NW—E.S.E. en el valle de Akua.

Perpendiculares y confluyentes a las anteriores existen varias fracturas de dirección NE—SW.

Los datos geológicos están representados en un plano en planta a escala 1:25.000 y un corte geológico de dirección NE-SW a la altura del monte Ertzin.

5. HIDROGEOLOGIA

5.1.METODOLOGIA.

Para la realización de este apartado, centro del estudio, se han inventariado los puntos de agua, toman-

do regularmente aforos (semanalmente) en los puntos de drenaje principales.

Con los datos de clima, se ha efectuado el balance hidrogeológico, y con los caudales surgente, se ha confeccionado el hidrograma que posteriormente analizamos.

Se han efectuado ensayos con trazadores en los puntos más significados, para determinar la dirección del flujo subterráneo.

5.2. CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES

De los niveles litológicos descritos en el apartado de geología, el material acuífero está constituido por las calizas Urganianas que se presentan con carácter masivo, con excepción del techo de la serie calcárea que está estratificada.

Todos estos materiales calcáreos, se encuentran muy karstificados en superficie, con amplio desarrollo del lapiaz, profusión de dolinas, y donde se han desarrollado dos depresiones cerradas.

Como es característico en la calizas, el acuífero es permeable por fisuración y karstificación, siendo su porosidad primaria despreciable.

La zona estudiada se describe como unidad hidrogeológica drenada por un punto principal de descarga, la surgencia de Hamabiturri con 190 l/sg de media anual.

Existe la posibilidad de descarga directa al río Urola a su paso por la cantera de Osinbeltz. En los trabajos de campo hemos localizado en esta zona, una surgencia (manantial de Osinbeltz) de 19 l/sg de caudal medio anual. A pesar que la dirección del flujo principal no incide en esta zona, existe la posibilidad de la presencia de algún manantial de escaso caudal a nivel del río.

Los límites de esta unidad están determinados por los materiales de argilitas del Aptiense inferior, situadas al SW, y que además formará el sustrato del mismo.

Al NW y E son los materiales de margas arenosas y algunas calizas del Albiense, los que marcan los límites. Sobre estos tramos cabalgan las calizas Urganianas.

Existe un nivel de margas, en la depresión de Aizarna, pero está en el área de influencia del acuifero de Hamabiturri.

La alimentación de la unidad, procede principalmente de la infiltración directa de la precipitación, y

en menor medida de la escorrentía superficial generada en los tramos impermeables, formada en cuencas de escasa extensión. Estos caudales superficiales, muchos de ellos temporales, se van a infiltrar en varios sumideros que describimos más adelante.

La disposición estructural y su aislamiento por los tramos argilíticos del Aptiense inferior, evitan la conexión directa con otras unidades, lo que por este motivo las posibilidades de recarga son remotas.

La extensión en superficie de la unidad es de 8,754 Km². Fig. 80

La precipitación anual media es de 1550 mm/m² aproximadamente, según la distribución mensual descrita en el cuadro 5. Para el año de referencia 1983, la precipitación total anual estaría cercana a 1350 mm/m² (cuadro 6).

La potencia máxima de las capas calcáreas es de 450 m., siendo el buzamiento general del conjunto de 25—35 °SW. Este factor junto a la dirección y disposición de la fracturación, va a condicionar la dirección del flujo principal, drenando en Hamabiturri (Zestoa) al W del área de estudio.

El segundo manantial en importancia, Osinbeltz, muy inferior en caudal a Hamabiturri, drenaría un área de aproximadamente 0,7 km² como zona de influencia de la fractura que marca el punto de surgencia.

5.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.

5.3.1. Manantiales

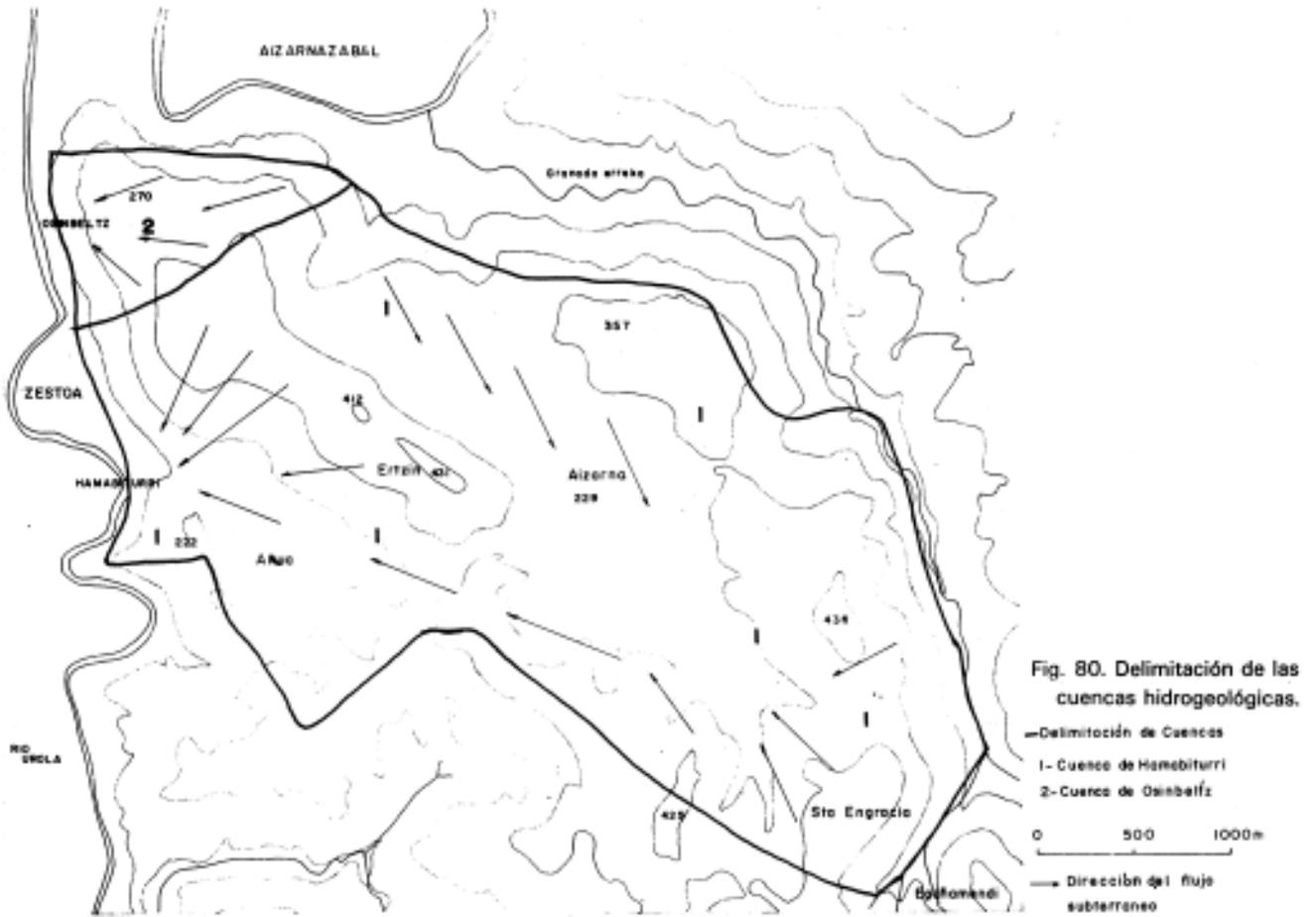
A grandes rasgos, se puede diferenciar, dos tipos de manantiales según sus características hidrogeológicas.

- 1—Manantiales en tramos margosos y argilitas
- 2—Manantiales en los tramos calizos.

Los tramos margosos se pueden considerar en su conjunto como impermeables o poco permeables. Los manantiales ubicados en estos terrenos, se forman como consecuencia de su situación sobre fracturas del terreno, o por una mayor porosidad local de los materiales aflorantes debido a la localización de niveles detríticos o calcáreos de escasa potencia.

La circulación subterránea de este primer tipo de manantiales, es muy poco profunda, y se realiza sobre la discontinuidad que suponen las diaclasas o los planos de estratificación.

En los tramos margosos se han localizado 6 manantiales con caudales inferiores a los 10 l/min, pero que a pesar de su caudal, han sido utilizados para abastecimiento de los caseríos del área hasta la traida de aguas por parte del ayuntamiento de Zestoa.



ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
IGUELDO	149,2	105,2	132,7	153,7	128,6	100,2	78,	108,3	134,7	139,9	189,7	182,5
EIBAR	194,5	115,5	150,4	148,9	115,8	79,6	49,3	69,3	86,70	130,5	205,4	204,8
ZARAUZ	129,8	93,8	112,0	122,6	102,11	75,9	54,88	89,59	108,59	124,0	168,2	155,3
AZPEITIA*	150,17	120,22	149,6	179,2	132,2	97,6	58,6	93,2	115,4	132,6	183,5	197,1

Tabla.5 - Lluvias medias (1956-1980)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
IGUELDO	48,7	155,5	134,8	128,5	113,6	80,1	122,1	352,8	37,7	86,6	50,5	54
Eibar	44,9	250,9	219,8	152,8	82,6	26,1	50,4	425,7	13,3	50,2	33,6	88,2
ZARAUZ	42,5	126,4	114,8	118,7	79	59,7	108,2	331,1	24	59,2	39,3	39,7
AZPEITIA	43,2	190	218	138	79,5	37	49,5	375,5	17,7	41	41	73,8

Tabla.6 -Lluvias año 1983

* Datos obtenidos por correlación con Igeldo.

En los tramos calizos, los manantiales principales surgen como consecuencia de la geometría estructural y tectónica del área y la posterior karstificación.

En total se han inventariado 12 puntos de agua como manantiales.

Los más importantes de reseñar son:

Hamabiturri. Situado en el municipio de Zestoa, junto al hotel Urola. Punto de drenaje principal de la unidad, con una media anual cercana a los 200 l/sg. El caudal medio del año 1983 ha sido de 190 l/seg.

Surge en el contacto de las calizas Urganianas con los terrenos de argilitas de base del Aptiense.

Este manantial es utilizado por el Gran Balneario de Cestona, para abastecimiento de agua potable.

Osinbeltz. Situado en el municipio de Zestoa, junto a cantera de Osinbeltz, con una media anual estimada por correlación de 19 l/seg. Situado en las calizas Urganianas, drenando la zona de influencia de una fractura de dirección E-W, a favor de la cual surge. Este manantial no es utilizado.

Minazuloa. Situado en el municipio de Zestoa en el barrio de Aizarna. Este manantial surge de la boca de mina de una explotación abandonada, excavada en las calizas estratificadas de techo del tramo Urganiano. El caudal surgente en media anual es de 5 l/sg. obtenido por correlación. El agua surgente se infiltra a 50 m. de distancia, dentro del área de influencia de Hamabiturri.

En media tomada en octubre de 1982, daba valores altos de conductividad 1180 μ s. cm con un caudal surgente de 2 l/seg.

5.3.2. Sumideros.

En los tramos margosos, se generan unos cursos superficiales, que se infiltran al contacto con los tramos calcáreos.

Estos puntos se han inventariado como puntos de agua, al permitir el acceso directo o indirecto al acuífero considerado.

En aquellos que más nos pueden definir el funcionamiento y la dirección del drenaje endorreico, hemos realizado pruebas de coloración.

También se han inventariado por considerarlos como lugares extremadamente vulnerables a la contaminación de las aguas subterráneas, y donde se debe de evitar cualquier tipo de vertido contaminante.

1—Urrepitxarra. Situado en el municipio de Zestoa, según coordenadas U.T.M. X:563.889

Y4.786.252 Z:273, de carácter temporal y concentrado.

2—Zabaleko zulota. Situado en el municipio de Zestoa, en el barrio de Aizarna, según coordenadas U.T.M. X:563.451 Y4.787.047 Z:222. De carácter perenne y concentrado. En este sumidero se efectuó una coloración, dando como resultado positivo en la surgencia de Hamabiturri.

3—Minazuloko urzuloa. Situado en el municipio de Zestoa. Según coordenadas U.T.M. X:563.638 Y4.787.567 Z:272. De carácter perenne y concentrado. En este punto se sumen las aguas de Minazuloa.

4—Bekoiturriko urzuloa. Situado en el municipio de Zestoa en el barrio de Aizarna. Según coordenadas U.T.M. X: 563.147 Y 4.787.393 Z: 219. De carácter temporal y concentrado.

5—Arano basoko leizea. Situado en el municipio de Zestoa, barrio de Aizarna. Según coordenadas U.T.M. X:563.125 Y4.786.751 Z:260. De carácter perenne y concentrado.

6—Errekalde. Situado en el municipio de Zestoa, en el barrio de Akua. Según coordenadas U.T.M. X:561.312 Y4.787.105 Z:115. De carácter temporal y concentrado.

7—Zabaleko zulota II. Situado en el municipio de Zestoa, en el barrio de Aizarna. Según coordenadas U.T.M. X:563.451 Y4.787.047 Z:222. De carácter perenne y concentrado.

8—Aranburuko urzuloa. Situado en el municipio de Zestoa, en el barrio de Aizarna, Según coordenadas U.T.M. X:563.042 Y4.787.597.2:199. De carácter perenne y concentrado.

9—Etxague. Situado en el municipio de Zestoa en el barrio de Aizarna. Según coordenadas U.T.M.

X:562.884 Y4.787.693 Z:204. De carácter perenne y concentrado. Fig. 81

5.4. PRUEBA DE TRAZADO.

Para determinar la velocidad y dirección del flujo subterráneo, realizamos una prueba de trazado en el sumidero de Zabaleko zulota, que por sus características y ubicación, consideramos el más adecuado.

Con esta prueba pretendíamos probar la existencia de conexión entre la cuenca de Aizarna y su zona de infiltración como fuente de recarga con la surgencia de Hamabiturri. Evaluamos de esta forma también el tiempo de tránsito entre estos dos puntos y la forma de distribución de las aguas de recarga, y definir las características del acuífero.

Se empleó como trazador, la fluoresceína sódica $C_{20}H_{10}O_4Na_2$ como colorante inócuo que no altera las características de calidad del agua.

Dadas las dificultades de dilución de este colorante, previamente preparamos la mezcla de la siguiente forma. Dos kg. de fluoresceína en 10 litros de alcohol, vertidos en 700 l. de agua.

Se efectuó la prueba el 20 de octubre de 1983, vertiendo el colorante durante hora y media.

El punto de inyección, el sumidero de Zabaleko Zuloa, está situado a una cota de 222 m.s.n.m. y el punto de observación, el manantial de Hamabiturri, a 45 m.s.n.m. En este punto colocamos unas cápsulas de carbón activo.

La distancia en línea recta entre los dos puntos es de 2700 m.

Estuvimos controlando el manantial en observaciones de dos por semana, durante 50 días, tomando muestras de carbón activo de las cápsulas que alternativamente colocábamos, para su análisis.

Los primeros indicios de colorante, se detectaron a los 38 días de la inyección, por análisis del carbón activo, detectándose por el mismo procedimiento el

● Manantiales.

- 1-Hamabiturri
- 2-Osinbeltz
- 3-Egaña goiko iturria
- 4-Egaña azpiko iturria
- 5-Mandulei
- 6-Zabalekokoba
- 7-Minazuloa
- 8-Harri iturri
- 9-Muzutako iturria
- 10-Zubigoenako iturria
- 11-Etxaide

○ Sumideros.

- 1-Urrepitxarra
- 2-Zabaleko zuloa
- 3-Minazuloko urzuloa
- 4-Bekoikurriko Urzuloa
- 5-Arano basoko liezea
- 6-Errekalde
- 7-Zabaleko zuloa II
- 8-Aranburukourzuloa
- 9-Etxague

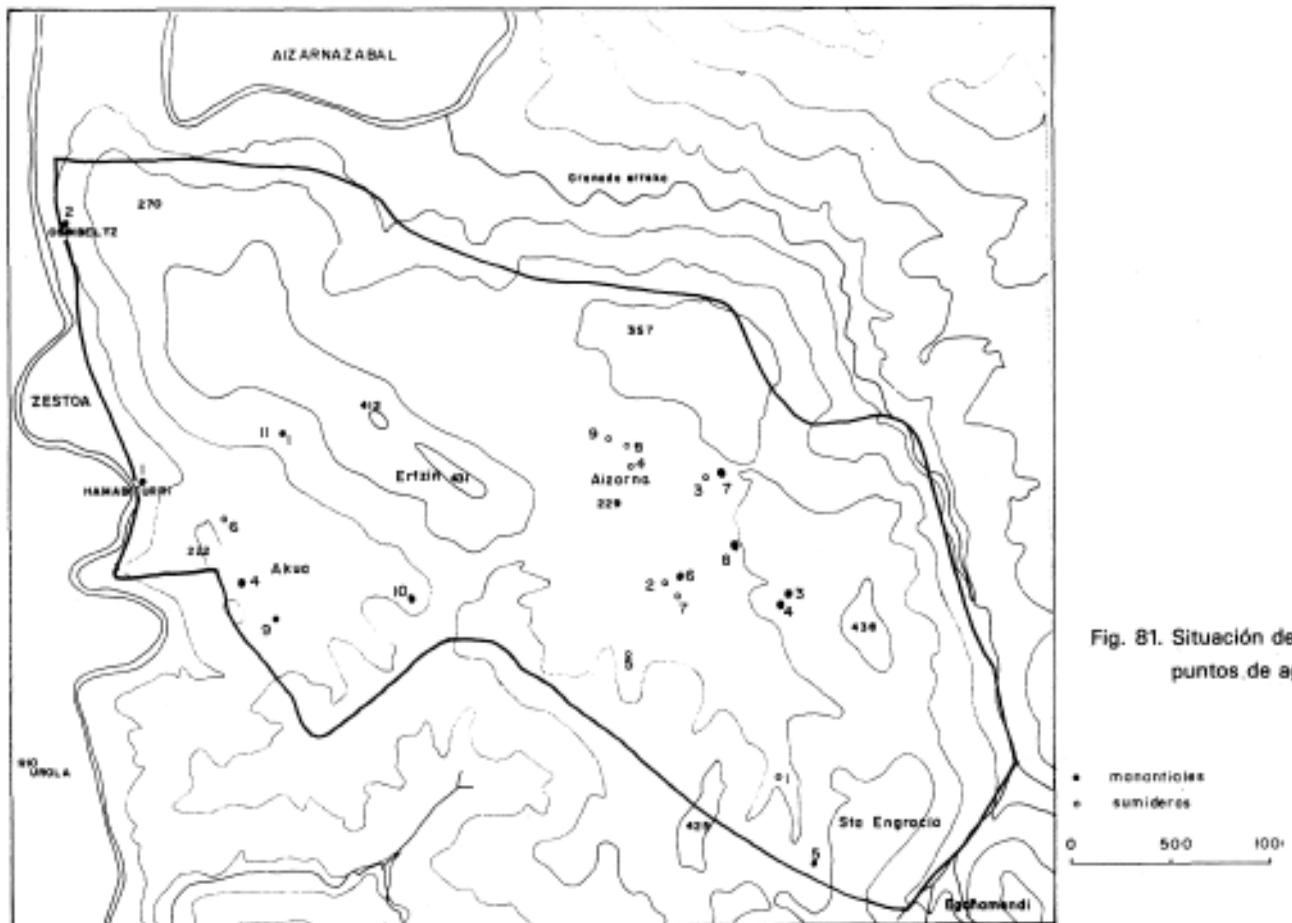


Fig. 81. Situación de los puntos de agua.

paso del colorante durante un mínimo de dos semanas.

Estimando la distancia entre el sumidero y el manantial de 2700 m. y con un tiempo de 38 días de tránsito, estimamos la velocidad de circulación en este caso en 71 metros/día.

Hay que precisar que durante el mes de septiembre y parte de octubre (1983) existía déficit de lluvia, funcionando el acuífero prácticamente en régimen no influenciado, hasta la aparición de precipitaciones de cierta importancia que pudo condicionar la salida del colorante. En varias experiencias en el karst, hemos observado este hecho.

La velocidad resultante de la experiencia del ensayo con trazadores, contrasta fuertemente con la capacidad de fluctuación de caudales en corto espacio de tiempo, tal y como se observa en el hidrograma (Fig. 84). De esta forma en las lluvias torrenciales de agosto de 1983, el manantial aumentó en 48 horas de 40 keg. a 3000 l/seg.

5.5. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

Los acuíferos generados en esta unidad, funcionan como libres, situándose los puntos de descarga en las cotas más bajas de la misma.

Los dos manantiales citados como más importantes, (Hamabiturri, y Osinbeltz), drenan practicamente la totalidad de los recursos hídricos, sin descartar la posibilidad de la existencia de pequeños acuíferos que descarguen directamente al río Urola.

En orden de importancia, el manantial de Hamabiturri le corresponde el 86% de la superficie de infiltración, el 8,5% para Osinbeltz, y el resto (6%) lo formarían los manantiales de circulación subsuperficial, epidérmica, o a través de fisuras o conductos poco profundos sin poder regulador, que descargan directamente al río Urola.

De esta forma corresponde a Hamabiturri un área de influencia de 7,531 km², Osinbeltz 0,752 km² y el resto de pequeños acuíferos 0,470 km².

5.6. BALANCE HIDROGEOLOGICO

Al iniciar el balance hídrico del área de estudio, tenemos que estimar la imposibilidad de transmisión a otras unidades o de recarga del mismo por otros sistemas acuíferos fuera de la unidad. La disposición geológica a nivel estratigráfico y estructural, permite

suponer el aislamiento hidrogeológico de la unidad de Akua-Aizarna.

Se ha de tener en cuenta, la inexistencia de escorrentía superficial que pueda drenar fuera del área parte de los recursos hídricos.

El caudal superficial entrante, está considerado, así como su cuenca de influencia, formando parte del área de recarga del acuífero.

La recarga por parte de agua doméstica, considerando, que el abastecimiento a la población de Akua-Aizarna se hace por conducción de aguas desde el municipio de Zestoa, tomando la misma desde otra unidad hidrogeológica, siendo la eliminación del agua doméstica, directamente sobre la superficie de infiltración.

Este factor de agua doméstica puede ser despreciable en el balance al no significar un caudal importante (0,5—1 l/sg).

Los caudales de drenaje de esta unidad han sido controlados, estando representadas las salidas del sistema.

Para realizar el balance, se han tenido en cuenta los datos climáticos ya tratados en el apartado correspondiente, considerando valores climáticos homogéneos para la totalidad de la unidad, en función de su escasa oscilación hipsométrica.

Hemos diferenciado a efectos del cálculo de la evapotranspiración real (ETR), dos zonas.

1- Afloramientos de roca «in situ».

2- Formación con suelo en superficie, con reserva media de capacidad de agua utilizable de 25 mm.

5.5.1. EVAPOTRANSPIRACION REAL

En el apartado de climatología, hemos calculado los valores medios mensuales de la ETP, según los métodos empíricos de Thorntwaite y Türck, para una serie de 25 años y para el año 1983.

Con los valores de ETP, los de precipitación y las condiciones de suelo, calculamos la evapotranspiración real. (tablas 7 a 22)

El balance del sistema lo establecemos según la siguiente expresión. (para el año 1983)

$$P = V + ETR + AR$$

$$P = \text{pluviometría}$$

$$V = \text{volumen evacuado por los manantiales}$$

$$ETR = \text{evapotranspiración real}$$

$$AR = \text{variación en la reserva}$$

Aplicamos este balance del manantial de Hamabiturri de 7,531340 km² distribuidos según área A (con suelo de 3,278840 y área B (roca «in situ») de 4,252500 km² tablas (23 a 27);

Comprobamos que globalmente se ajusta si tenemos en cuenta 2 factores que hemos comprobado,

1— La situación climática intermedia entre Igeldo

y Eibar, que hemos tratado en el apartado de climatología, va que varía la cifra de infiltración.

2— La importancia de la intensidad de precipitación en la infiltración.

En el balance hidrogeológico, comprobamos que existen meses sin infiltración, donde la evapotranspiración real es mayor que la precipitación, funcionando

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	149,2	105,2	132,7	153,7	128,6	100,2	78	108,3	134,7	139,8	189,7	182,5
ETP	22,6	32,4	48,3	61,2	83,1	96,7	105,8	95	72,4	50,7	20,6	20,8
P-ETP	126,6	72,8	84,5	92,5	42,5	3,5		13,3	62,3	84,1	169,1	161,7
Déficit							27,8					
∑ Déficit							27,8					
R.U.	25	25	25	25	25	25	8	25	25	25	25	25
ETR	22,6	32,4	48,3	61,2	83,1	96,7	122,8	98	72,4	50,7	20,6	20,8

Tabla. 7- Evapotranspiración Real (1956-80) Igeldo Area A. Método Torntwaite.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	149,2	105,2	132,7	153,7	128,6	100,2	78	108,3	134,7	139,8	189,7	182,5
ETP	22,6	32,4	48,3	61,2	83,1	96,7	105,8	95	72,4	50,7	20,6	20,8
Déficit							27,8					
∑ Déficit							27,8					
R.U.												
ETR	22,6	32,4	48,3	61,2	83,1	96,7	78	95	72,4	50,7	20,6	20,8

Tabla. 8 Evapotranspiración real (1956-80) Igeldo. Area B. Método Torntwaite.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	149,2	105,2	132,7	153,7	128,6	100,2	78	108,3	134,7	139,8	189,7	182,5
ETP	24,6	26,3	39,2	48,2	79,6	93,7	115,8	109,4	87,5	65,9	34,2	23,6
P-ETP	124,6	78,9	93,5	105,5	48,6	6,5			47,2	73,8	155,5	158,8
Déficit							37,8	1,1				
∑ Déficit							37,8	38,9				
R.U.	25	25	25	25	25	25	5		25	25	25	25
ETR	24,6	26,3	39,2	48,2	79,6	93,7	98	108,3	87,4	65,9	34,2	23,6

Tabla 9 ETR. (1956-80) Area A. Método de Türck. Igeldo

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	149,2	105,2	132,7	153,7	128,6	100,2	78	108,3	134,7	139,8	189,7	182,5
ETP	24,6	26,3	39,2	48,2	79,6	93,7	115,8	109,4	87,5	65,9	34,2	23,6
P-ETP	124,6	78,9	93,5	105,5	48,6	6,5			47,2	73,8	155,5	158,8
Déficit							37,8	1,1				
∑ Déficit							37,8	38,9				
R.U.												
ETR	24,6	26,3	39,2	48,2	79,6	93,7	78	108,3	87,4	65,9	34,2	23,6

Tabla 10. ETR.(1956-80) Area B. Método de Türck. Igeldo

do el acuífero en este caso, en régimen no influenciado, entrando el factor de variación de reserva, tal y como tratamos en el análisis del hidrograma.

Si analizamos las épocas de déficit de precipitación comprobamos que existen variaciones de la curva del hidrograma, en función de una intensidad de precipitación.

En el cuadro 27, tenemos como referencia los meses de Junio a Septiembre, Octubre y Noviembre, me-

ses de mayor déficit de precipitación, y donde el hidrograma se aprecia en descenso más acusado.

En períodos de referencia en 10 días de observaciones, se aprecia que en valores de este índice por encima de 4,6 mm/m²d, existe infiltración, que acusa el hidrograma. El incremento de los caudales por índice de intensidad de precipitación, puede ser justificado, por la recarga directa de la escorrentía superficial a las fisuras de 2º orden. (Tabla 28).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P	194,5	115,5	150,4	148,9	115,8	79,6	49,3	69,3	86,7	130,5	205,4	204,8
ETP	18,8	21,8	37,6	47,2	80,8	102,9	124,6	115,7	90	61,8	28,6	18,2
P-ETP	175,7	93,7	112,8	101,7	35					68,7	177,8	186,6
Déficit						23,3	75,34	46,4	3,3			
Σ Déficit						23,3	98,6	145	148,3			
R.U.	25	25	25	25	25	9				25	25	25
ETR	18,8	21,8	37,6	47,2	80,8	95,6	49,3	69,3	86,7	61,8	28,6	18,4

Tabla.11- ETR. Area A. Método de Thorntwaite. Eibar. (1956-80)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P	194,5	115,5	150,4	148,9	115,8	79,6	49,3	69,3	86,7	130,5	205,4	204,8
ETP	18,8	21,8	37,6	47,2	80,8	102,9	124,6	115,7	90	61,8	28,6	18,2
P-ETP	175,7	93,7	112,8	101,7	35					68,7	177,8	186,6
Déficit						23,3	75,3	46,4	3,3			
Σ Déficit						23,3	98,6	145	148,3			
R.U.												
ETR	18,8	21,8	37,6	47,2	80,8	79,6	49,3	69,3	86,7	61,8	28,6	18,4

Tabla 12- ETR. Area B. Método de Thorntwaite. Eibar. (1956-80)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	194,5	115,5	150,4	148,9	115,9	79,6	49,3	69,3	86,7	130,5	205,4	204,8
ETP	21,35	32,1	48,9	64,1	86,4	101,5	110,2	98,6	74,3	50,7	20,7	19,8
P-ETP	173,1	83,4	105,5	88,9	29,5				12,4	79,7	184,7	185
Déficit						21,9	60,9	29,3				
Σ Déficit						21,9	82,9	112,2				
R.U.	25	25	25	25	25	10	1		12,4	25	25	25
ETR	21,3	32,1	48,9	64,1	86,4	116,5	119,2	69,3	74,3	50,7	20,7	19,8

Tabla. 13- ETR. Area A. (1956-80) Método de Türc. Eibar

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	194,5	115,5	150,4	148,9	115,9	79,6	49,3	69,3	86,7	130,5	205,4	204,8
ETP	21,3	32,1	48,9	64,1	86,4	101,5	110,2	98,6	74,3	50,7	20,7	19,8
P-ETP	173,2	83,4	105,5	88,9	29,5				12,4	79,7	184,7	185
Déficit						21,9	60,9	29,3				
Σ Déficit						21,9	82,9	112,2				
R.U.	25	25	25	25	2							
ETR	21,3	32,1	48,8	64,1	86,5	79,6	49,3	69,3	74,3	50,7	20,7	19,8

Tabla 14- ETR. Area B. (1956-80) Método de Türc. Eibar

Al comprobarse que no influye fundamentalmente en el coeficiente de agotamiento del manantial, suponemos que esta variación en el hidrograma por el factor antes explicado, corresponde a subsistemas anexos del acuífero.

Según Tripet (1972), se establecía por la presencia de fisuración de 2º orden, responsables de estos aumentos rápidos de caudal.

Las fisuras de 1º orden o de menor tamaño, serían recargadas por las anteriores y controlarían el régimen de flujo, pasando a un régimen no influenciado, cuando la recarga a las fisuras de 1º orden es nulo.

Para realizar un balance global y tener estimación de la evapotranspiración real en el área tendríamos $P=V+ETR.10,172 \approx 15,992 + ETR$, representando un coeficiente de evapotranspiración del 41% y una infiltración anual del 59%.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	48,7	155,5	138,8	128,5	113,6	80,1	122,1	352,8	37,7	86,6	50,5	54
ETP	24,8	18,4	34,1	51,5	61,1	93,4	118,8	103,3	89,8	64,3	43,5	28,7
P-ETP	23,2	137,1	100,7	77	52,5		3,3	244,3		22,2	7,2	25,3
Déficit						13,3			51,1			
∑ Déficit						13,3			51,1			
R.U.	25	25	25	25	25	14	17,3	25	13	25	25	25
ETR	24,8	18,4	34,1	51,5	61,1	104,4	129,8	103,3	101,8	64,3	43,5	28,7

Tabla. 15- ETR. Método de Thornthwaite .Area A. año 1983. Igeldo

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	48,7	155,5	138,8	128,5	113,6	80,1	122,1	352,8	37,7	86,6	50,5	54
ETP	24,8	18,4	34,1	51,5	61,1	93,4	118,8	103,3	89,8	64,3	43,5	28,7
P-ETP	23,2	137,1	100,7	77	52,5		3,3	244,3		22,2	7,2	25,3
Déficit						13,3			51,1			
∑ Déficit						13,3			51,1			
R.U.												
ETR	24,8	18,4	43,1	51,5	61,1	80,1	118,8	103,2	37,7	64,3	43,5	28,7

Tabla 16. ETR. Método de Thornthwaite. Area B. Año 1983 Igeldo

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	48,7	155,5	134,8	128,5	113,6	80,1	122,1	352,8	37,7	86,6	50,5	54
ETP	24,5	23,1	37,4	56,8	65,6	87,2	70,5	74,3	75,9	50,4	29,9	24,5
P-ETP	24,2	132,4	94,4	71,7	48		51,6	278,5		36,2	20,6	29,5
Déficit						7,1			38,3			
∑ Déficit						7,1			38,3			
R.U.	25	25	25	25	25	18	25	25	5	25	25	25
ETR	24,5	23,1	37,4	56,8	65,6	94,2	70,5	76,3	85,9	50,4	29,9	24,5

Tabla 17. ETR. Atea A. Método de Türck. Año 1983. Igeldo

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	48,7	155,5	134,8	128,5	113,6	80,1	122,1	352,8	37,7	86,6	50,5	54
ETP	42,5	23,1	37,4	56,8	65,6	87,2	70,5	74,3	75,9	50,4	29,9	24,5
P-ETP	24,2	132,4	94,4	71,7	48		51,6	278,5		36,2	20,6	29,5
Déficit						7,1			38,3			
∑ Déficit						7,1			38,3			
R.U.												
ETR	24,5	23,1	37,4	56,8	65,6	80,1	70,5	74,3	37,7	50,4	29,9	24,5

Tabla 18 ETR Area B. Método de Türck. Año 1983. Igeldo

Los valores por el servicio de geología de la Diputación de Navarra es de 55% de infiltración para Aralar, 60% para Andia y 50% para Urbasa.

5.6- ANALISIS DEL HIDROGRAMA Y REGIMEN DE AGOTAMIENTO

En la figura (82) se representa la evolución de los caudales en función del tiempo a escala semilogarítmica. Los datos de caudales los hemos obtenido con una periodicidad semanal a lo largo del año 1983. Se representa en la parte baja del diagrama la evolución de la precipitación cada 10 días de las estaciones de Eibar e Igeldo.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	44,9	250,9	219,8	152,8	82,6	26,1	50,4	425,7	13,3	50,2	33,6	88,2
ETP	16,6	11,4	32,5	49,9	71,4	106	147	110,9	93,1	63,9	40,7	19,4
P-ETP	28,3	239,5	187,3	102,9	11,2			314,8				68,8
Déficit						79,9	96,7		79,8	13,7	7	
Déficit						79,9	176,6		79,8	93,5	100,5	
R.U.	25	25	25	25	25	1		25	1	1		25
ETR	16,6	11,4	32,5	19,9	71,1	130	148	110,9	14,3	50,2	41,7	19,4

Tabla.19- ETR. Año 1983. Método de Thorntwaite. Eibar. Area A.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	44,9	250,9	219,8	152,8	82,6	26,1	50,4	425,7	13,3	50,2	33,6	88,2
ETP	16,6	11,4	32,5	49,9	71,4	106	147	110,9	93,1	63,9	40,7	19,4
P-ETP	28,3	239,5	187,3	102,9	11,2			314,8				68,8
Déficit						79,9	96,7		79,8	13,7	7	
Déficit						79,9	176,6		79,8	93,5	100,5	
R.U.												
ETR	16,6	11,4	32,5	49,9	71,4	26,1	50,4	110,9	13,3	50,2	33,6	19,4

Tabla 20. ETR. Año 1983. Método de Thorntwaite. Eibar. Area B

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	44,9	250,9	219,8	152,8	82,6	26,1	50,4	425,7	13,3	50,2	33,6	88,2
ETP	19	21	38,5	58,1	69,1	91,5	75,5	76,1	78,2	50,7	29	20,2
P-ETP	25,9	229,9	181,3	94,7	13,5			349,5			4,6	67,9
Déficit						65,4	25,1		64,9	0,5		
Déficit						65,4	90,75		64,9	65,4		
R.U.	25	25	25	25	25	1		25	1	1	4,6	25
ETR	19	21	38,5	58,1	69,1	115,5	51,4	76,1	24,3	50,2	29,1	20,2

Tabla 21- ETR. Año 1983. Método de Tür. Area A. Eibar.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	44,9	250,9	219,8	152,8	82,6	26,1	50,4	425,7	13,3	50,2	33,6	88,2
ETP	19	21	38,5	58,1	69,1	91,5	75,5	76,1	78,2	50,7	29	20,2
P-ETP	25,6	22	181,3	94,7	13,5			349			4,6	20,2
Déficit						65,4	25,1		64,9	0,5		
Déficit						65,4	90,7		64,9	65,4		
R.U.												
ETR	19	21	38,5	58,1	69,1	26,1	50,4	76,1	13,3	50,2	29	20,2

Tabla 22. ETR. Año 1982. Método de Tür. Area B. Eibar.

En el gráfico se deduce que la surgencia es perenne con caudales que oscilan entre los 13 L/seg. como caudal mínimo (25 XI) y un máximo de 2976 (27 Agosto), y que la respuesta de la surgencia a las precipitaciones es muy rápida y acusada.

Mes	A	B	Total
E	28,4	36,8	65,2
F	185,8	241	426,8
M	123,3	160	283,3
A	297,4	126,3	423,7
M	84,3	83,3	147,6
J			
J	4	5,2	9,2
A	299	387	686
S			
O	27,3	35,3	62,6
N	9,1	11,8	20,9
D	31	40,2	71,2
AÑO	71,8	94	165,8

Tabla 23 -Infiltración teórica en el acuífero de Hamabiturri(L/seg). Según Thorntwaite. Año 1983. Datos Igeldo.

Mes	A	B	Total
E	29,6	38,5	68,1
F	179,4	232,7	412
M	115,2	149,4	264,7
A	90,6	117,6	208,2
M	58,7	76,2	134,9
J			
J	63	82	145
A	340,9	442,1	783
S			
O	44,3	57,5	101,8
M	26	33,8	59,8
D	36	47	83
AÑO	82	106,6	188,6

Tabla 24. - Infiltración teórica en el acuífero de Hamabiturri (L/seg). Según Tür. Año 1983 Datos de Igeldo.

Mes	A	B	Total
E	34,7	45	79,7
F	324,6	421	745,7
M	229,3	297,4	526,6
A	130,2	168,3	299
M	33,7	17,7	51,4
J			
J			
A	385,4	499,8	885,2
S			
O			
N	8,9		8,9
D	84,2	109,3	193,5
AÑO	100,9	129,9	230,8

Tabla 25. Infiltración teórica en el acuífero de Hamabiturri(L/seg).Según Thorntwaite Año 1983. Datos de Eibar.

Mes	A	B	Total
E	31,7	41	72,7
F	311,6	404,2	715,8
M	221,9	287,8	509,7
A	119,8	155,3	275,1
M	36,6	23,5	60,1
J			
J			
A	427,9	554,9	982,8
S			
O			
N	5,8		5,8
D	83,2	107,9	191,1
AÑO	101,5	131	232,5

Tabla 26. Infiltración teórica en el acuífero de Hamabiturri (L/seg).Según método de Tür. Año 1983. Datos de Eibar.

5.6.1. CURVA DE AGOTAMIENTO

Para analizar este factor debemos descomponer el hidrograma en los tramos de régimen no influido, cuando el acuífero se alimenta mediante las aguas subterráneas correspondientes a la reserva reguladora de las capas acuíferas acumuladas en las estructuras hidrogeológicas en el transcurso de una recarga determinada. La curva de agotamiento expresa la ley de descarga de la capa acuífera, estando influida por la roca almacén (caliza en nuestro caso) y el régimen de flujo, ya sea laminar o turbulento (Fig. 83).

Las condiciones climáticas de esta región con precipitaciones muy repartidas a lo largo del año, dan lugar a que sean frecuentes los aumentos de caudal, y muy cortos los períodos en régimen no influenciado.

	DIAS	DR	R	1R	Hid:cu.
Enero	1-10	3	8,1	2,7	-
	10-20	6	33,5	5,6	+
	21-31	1	7,1	7,1	-
Febrero	1-10	10	106,9	10,7	+
	11-20	3	6	2	-
	21-28	7	42,6	6,1	+
Marzo	1-10	3	17,1	5,7	+
	11-20	6	30,3	5	+
	21-31	9	87,4	9,7	+
Abril	1-10	6	55,5	9,2	+
	11-20	6	68,8	11,4	-
	21-30	6	4,3	0,7	-
May	1-10	7	18,8	2,7	-
	11-20	7	70,3	10	+
	21-31	7	24,5	3,5	-
Jun	1-10	3	3,9	1,3	-
	11-20	2	2,3	1,1	-
	21-30	5	73,9	14,8	-
Jul	1-10	4	37	9,2	+
	11-20	8	14,4	1,8	-
	21-31	8	70,7	8,8	+
Agos	1-10	6	29,2	4,9	-
	11-20	6	53,6	8,9	+
	21-31	11	270	24,5	+
Sept.	1-10	6	15,7	2,6	-
	11-20	5	22	4,4	-
	21-30	11	37,7	3,4	-
Oct.	1-10	3	10,7	3,5	+
	11-20	5	58	11,6	+
	21-31	3	17,9	5,9	+
Nov	1-10	5	11,5	2,3	-
	11-20	4	9,8	2,4	-
	21-30	7	29,2	4,1	-
Dic	1-10	3	19,4	6,4	+
	11-20	8	31,6	3,9	+
	21-31	4	3	0,7	-

Tabla 27. Intensidad de precipitación y relación con la infiltración. Datos de Igeldo. Prec. cada 10 días.

Consideramos para el análisis un agotamiento con dos tramos rectilíneos de diferente pendiente. El primer tramo que correspondería a la circulación dominante por grandes conductos y el segundo, en régimen primario. Al separar del hidrograma los distintos componentes, observamos que el vaciado del acuífero corresponde a la superposición de dos tipos de escorrentía subterránea. Por medio del método de Maillet calculamos el coeficiente de agotamiento, en los dos tramos $Q_1 = Q_{n1} e^{-at}$

Según la expresión, hay un decrecimiento exponencial del caudal en función del tiempo. Para Hamabiturri calcularemos los coeficientes de agotamiento:

	Días	DR	R	IR	Hidroq
Enero	1-10	2	3,7	1,8	-
	11-20	6	39,4	6,5	+
	21-31	1	1,8	1,8	-
Febrero	1-10	9	196,8	21,8	+
	11-20	1	4,3	4,3	-
	21-28	7	49,8	7,1	+
Marzo	1-10	1	5,6	5,6	-
	11-20	6	49	8,2	+
	21-31	11	165,2	15	+
Abril	1-10	6	84,3	14	+
	11-20	6	52,5	8,7	-
	21-30	4	16	4	-
Mayo	1-10	7	7,4	1	-
	11-20	6	54,8	9,1	+
	21-31	8	20,4	2,5	-
Junio	1-10	2	1,4	0,7	-
	11-20	2	1,3	0,6	-
	21-30	5	23,4	4,7	+
Julio	1-10	6	33,1	5,5	+
	11-20	5	0,7	0,1	-
	21-31	7	16,6	2,4	+
Agost.	1-10	6	61,9	10,3	-
	11-20	5	31,4	6,3	+
	21-31	11	332,4	30,2	+
Sept.	1-10	3	2,4	0,8	-
	11-20	4	10,9	2,7	-
	21-30	0	0	0	-
Octub.	1-10	3	7,7	2,5	-
	11-20	5	24,7	4,9	+
	21-31	2	17,8	8,9	+
Noviem.	1-10	3	0,9	0,3	-
	11-20	5	6,5	1,3	-
	21-30	4	26,7	6,7	+
Diciem.	1-10	2	31,2	15,6	+
	11-20	8	51,6	6,4	+
	21-31	3	5,4	1,8	-

Tabla 28. Intensidad de precipitación y relación con la infiltración. Datos de Eibar. Prec. cada 10 días.

$$\alpha_1 = 0,0603174$$

$$\alpha_2 = 0,01760232$$

El caudal en un instante t es la suma de las expresiones

$$Q = 0,0948 \cdot e^{-0,0603 \cdot t} + 0,40e^{-0,0176 \cdot t}$$

Con estas expresiones comprobamos que a medida que avanza el agotamiento, el 1º término disminuye más rápidamente que el 2º, y por tanto la escorrentía aportada por las fisuras de 2º orden se hace cada vez menor hasta llegar al cabo de 30 días a hacerse despreciable.

El segundo término es el que mantiene la estabilidad de caudales. Es decir, en régimen no influenciado, a los 30 días del inicio del agotamiento funcionaría prácticamente con la reserva de las fisuras de 1º orden con un caudal teórico de 23 L/seg.

El volumen de agua almacenada en el sistema al comienzo del agotamiento, por encima de la cota de surgencia, susceptible de ser drenado por el manantial sería:

$$V_0 = V_1 + V_2 = (0,0948/0,060317 + 0,40/0,017603) \cdot 86.400.$$

$$V_0 = 0,332132 \text{ Hm}^3.$$

Para diferenciar el volumen de agua drenada en un tiempo estimado, en 90 días en régimen de estiaje (no influenciado) tendríamos:

$$V_t = \frac{Q_{90}}{\alpha_2} \times 86400 = 0,032198 \text{ Hm}^3$$

$$V_{90} = V_0 - V_t = 0,26066 \text{ Hm}^3$$

El volumen drenado al cabo de 90 días sería de 0,26066 Hm³.

Por el método TISON para todo el período de estiaje, se define por la expresión:

$$Q_t = Q_0 / (1 + \alpha_1 t)^2 \text{ tendremos un valor } \alpha = 0,2395$$

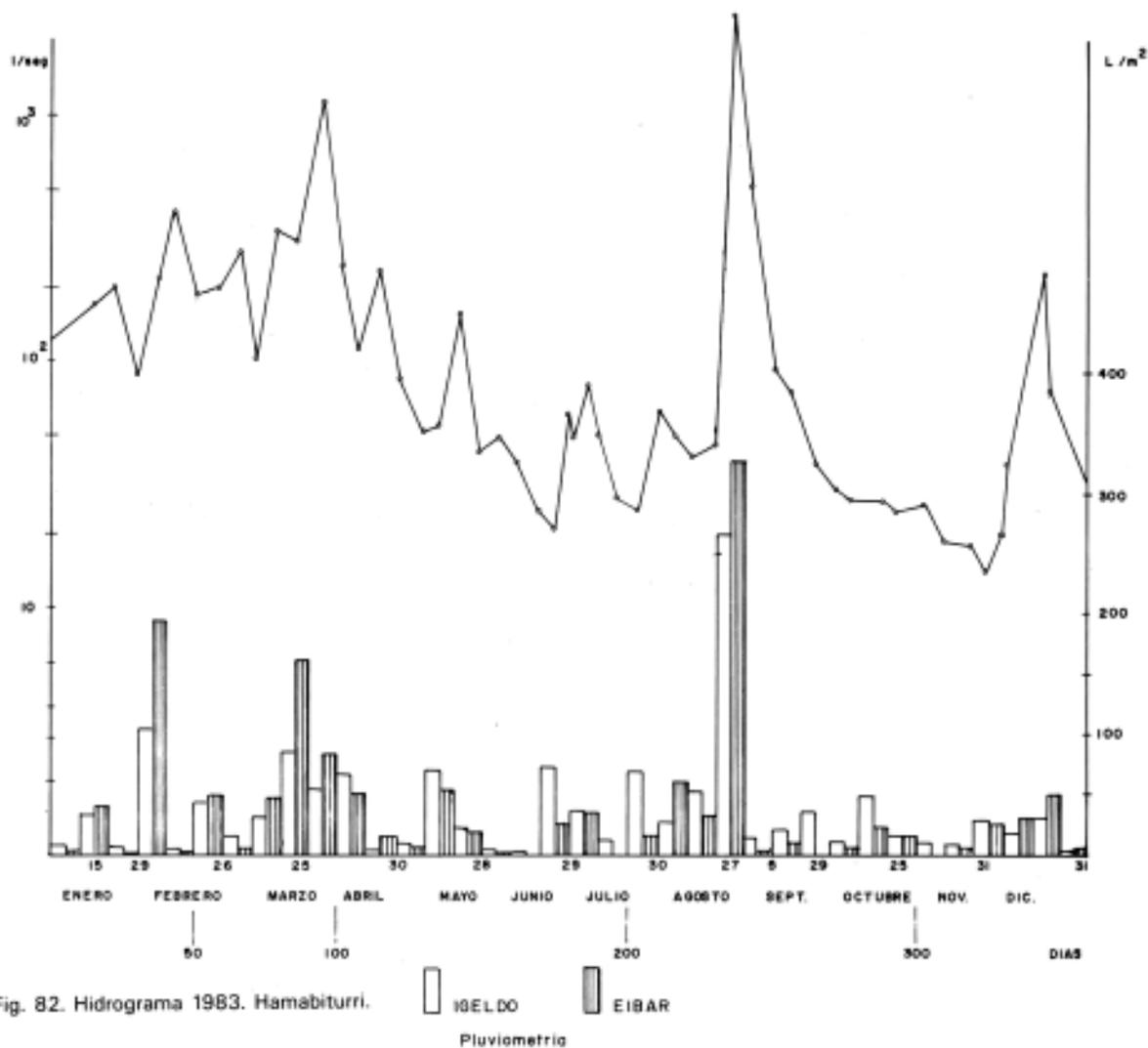
$$Q_t = \frac{0,0948}{(1 + 0,2395t)^2}$$

$$V_0 = \frac{86400 \cdot 0,948}{0,2395} = 0,341997 \text{ Hm}^3$$

En el método de TISON, se admite que los caudales decrecen en función del tiempo como la inversa de la raíz cuadrada.

Si realizamos la curva de caudales en función de los volúmenes residuales, nos permite ver en la curva resultante (fig. 84) la relación existente entre los descensos de caudal y el volumen residual. El descenso es según una parábola de tal forma que al principio del agotamiento hay un descenso acusado de los volúmenes residuales, poniendo en evidencia la capacidad del almacenamiento de las fisuras de 1.º orden, representadas por el coeficiente de agotamiento α_2 .

Analizando la curva de capacidades liberadas, vemos que hay una gran capacidad de vaciado en los primeros 15-20 días.



En resumen el estudio del hidrograma, las curvas de agotamiento y las curvas de volúmenes residuales y capacidades liberales, nos indican un acuífero con bajo poder regulador, con redes particulares desarrolladas, con poco retardo de transferencia en los aportes.

6. VULNERABILIDAD DE ACUIFEROS SUBTERRANEOS

6.1. CARACTERISTICAS GENERALES

Al abordar este apartado, hemos de tener en cuenta las características hidrogeológicas de la zona, y el comportamiento de los acuíferos que alberga.

1.—Los terrenos aflorantes permeables (calizas) e impermeables, están relacionados, entre si, por cuanto la escorrentía superficial generada en los segundos, va a infiltrarse al contacto con los terrenos

Enero	150,6
febrero	250,2
marzo	254,5
abril	404,2
mayo	83,8
junio	41,5
julio	48,7
agosto	776,9
septiembre	186,5
octubre	35,3
noviembre	23,6
diciembre	71,9
año	194

Tabla 29. Caudales obtenidos en HAMABITURRI. Año 1983.

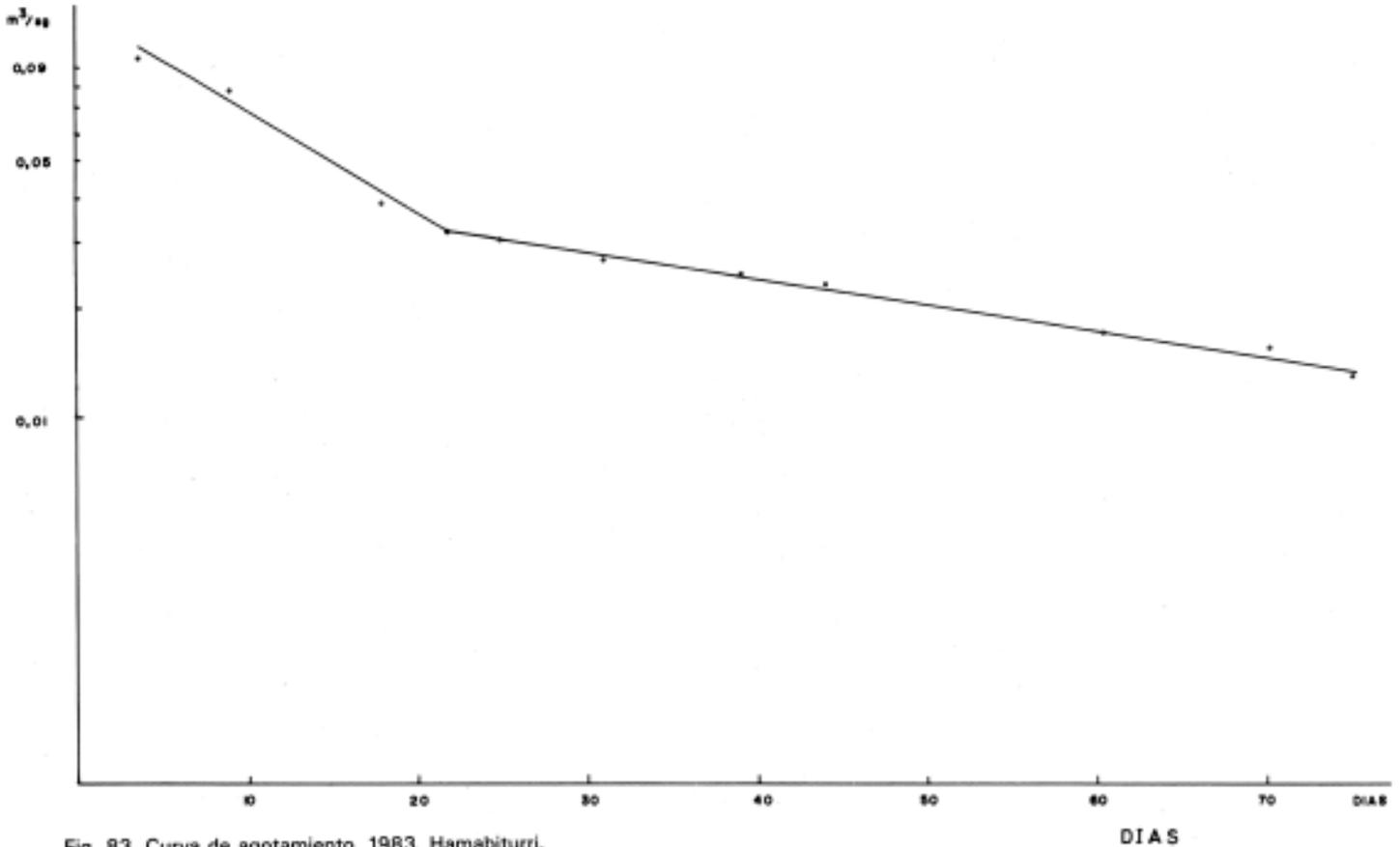


Fig. 83. Curva de agotamiento. 1983. Hamabiturri.

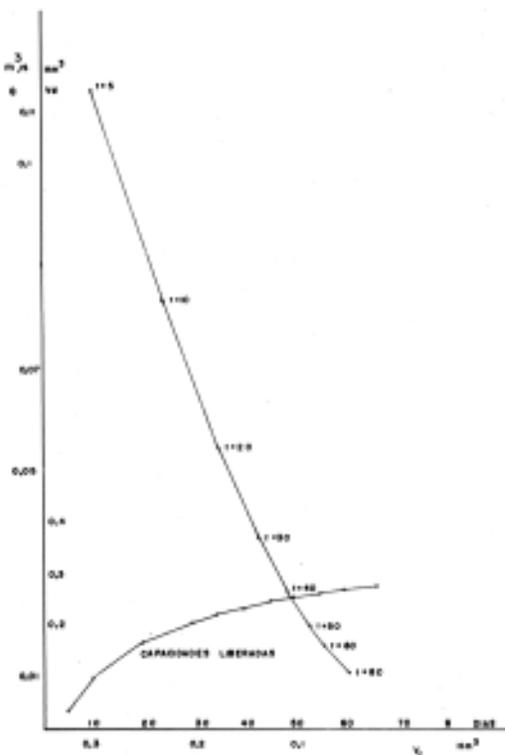


Fig. 84. Curva de caudales en función de los volúmenes residuales.

permeables, formando parte de los recursos subterráneos, por lo que toda actividad contaminante a ellos, va a afectar directamente a los recursos de aguas subterráneas.

2.—Dentro del tramo calcáreo, se desarrollan unas redes de drenaje interno, que da lugar en los puntos más bajos de la zona, a fuentes y surgencias.

3.—La permeabilidad por karstificación en caliza es muy alta, y la velocidad del agua de un macizo calcáreo con karst desarrollado, es muy variable, pudiendo alcanzar centenares de metros día.

4.—Cualquier vertido que interese a la superficie kárstica, pasa a infiltrarse directamente, afectando a las aguas subterráneas.

5.—Los procesos de autodepuración, se limitan principalmente a fenómenos de dilución del contaminante.

6.—La descontaminación de un acuífero, puede ser muy lenta e incluso en algunos casos puede conducir a procesos irreversibles, dependiendo del tipo de contaminante.

7.—La propagación del agente contaminante a través del acuífero a partir de un foco, guarda relación directa con la velocidad del agua subterránea.

6.2. ACTIVIDADES CONTAMINANTES EN LA ACTUALIDAD.

La actividad humana principal en la zona, es la derivada de su uso agropecuario y doméstico, para una población aproximada de 200 habitantes de forma muy dispersa en el valle de Akua, y algo más concentrada en Aizarna.

En las proximidades de los puntos de surgencia de Hamabiturri y Osinbeltz, la actuación humana es más intensa, por cuanto se ubican en zonas de población (Zestoa) y una cantera respectivamente, con una carretera de tráfico intenso sobre las mismas. A esto hay que añadir la relación con el río Urola al surgir los manantiales al nivel de sus aguas.

Las aguas domésticas de vertido, así como los residuos de la actividad ganadera (en algún punto, de cierta intensidad) son eliminadas directamente sobre la superficie, y en algunos casos, utilizando zonas de máxima infiltración como dolinas y sumideros.

6.3. ZONAS DE PELIGROSIDAD MAXIMA

Si bien todo el área según la clasificación adoptada por el Instituto Geológico y minero de España entraría en formaciones muy fisuradas (área calcárea y karstificada) que da lugar a acuíferos; donde hay que extremar las medidas preventivas contra la contaminación de los acuíferos subterráneos; existen zonas de máxima peligrosidad, como son las proximidades de surgencias y sumideros. Por lo que es aconsejable tener en cuenta estos lugares como zonas de protección especial.

Al existir dos cuencas cerradas, éstas, constituyen formas idóneas para la absorción de importantes volúmenes de agua en épocas de lluvia, por lo que hay que evitar la ubicación de todo tipo de vertedero.

6.4. CONCLUSIONES

Respecto a este apartado, hay que decir que no se han realizado ningún tipo de análisis en los manantiales, que nos pudieran indicar las características de sus aguas (física, química y biológica), por lo que no podemos evaluar la importancia que sobre la calidad de sus aguas tiene la actividad humana sobre el área de estudio.

En función de las características hidrogeológicas se puede prever que afectaría negativamente en la calidad de sus aguas, cualquier tipo de actividad humana como ubicación de industrias, vertedero de

residuos sólidos o actividades agropecuarias intensivas.

Otro factor a tener en cuenta es la situación relativa al manantial con respecto al río Urola. Cualquier sobreexplotación de la surgencia puede producir como consecuencia, una recarga del acuífero por las aguas del río.

Además, al estar ubicado el manantial bajo el mismo casco urbano, de Zestoa, existe el peligro de filtraciones de las aguas residuales urbanas que afecten al manantial.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Imanol Goikoetxea por su importante participación en el trabajo de campo y la obtención de datos.

Igualmente quiero mostrar mi gratitud a Luis Ignacio Viera y Miguel Angel Torres, por su clarificadora ayuda en el apartado de geología, y por fin, a Felix M.^a Ugarte y Fermín Leizaola que desde diferentes perspectivas me han ayudado en la realización de este estudio.

SUMMARY

Study of the hidrogeologic fields of Akua and Aizarna

The carried out study seeks to define the hydrogeologic characteristics of the area where the closed fields of Akua and Aizarna (Zestoa) are situated.

To this end, the following sections have been developed:

- 1.— Area climatic analysis, taking as basis Igeldo, Eibar, Zarauz and Azpeitia observatories data.
- 2.— Geologic study, defining its lithologic and structure. Geological cartographic fulfilment to scale 1 : 25.000.
- 3.— Hydrogeological study. Hydric stock fulfilment and definition of the aquiferous hydraulic parameters.
- 4.— Aquiferous vulnerability. Description there of for pollution purposes.

The studied area adds up to an area of 8.5 km², feeding 2 (two) aquiferous of 190 and 20 l/seg. annual average.

RESUMEN

El estudio realizado pretende definir las características hidrogeológicas del área donde se ubican las cuencas cerradas de Akua y Aizarna (Zestoa).

Con este fin, se han desarrollado los siguientes apartados.

- 1.— Análisis climático del área, tomando como base los datos de los observatorios de Igeldo, Eibar, Zarauz y Azpeitia.

- 2.— Estudio geológico, definiendo su litología y estructura. Realización de la cartografía geológica a escala 1 : 25.000.
- 3.— Estudio hidrogeológico. Realización de los balances hídricos y definición de los parámetros hidráulicos del acuífera
- 4.— Vulnerabilidad de acuíferos, definiendo los mismos a efectos de contaminación. El área estudiada totaliza una superficie de 8,5 km², alimentando 2 acuíferos de 190 y 20 l/sg. de media anual.

LABURPENA

Azterketa honek, Akua-Aizarnako (Zestoa) arroixien hidrogeologiaren berezitasunak definitzeko asmoak dauka.

Asmo honegaz, hona hemen nolako aztergaiak erabili eta aztertu diren:

- 1.— Inguruko klimaren analisisa, Igeldo, Eibar, Zarautz eta Azpeitiko zentroen datoetan oinarritua.
- 2.— Geologiko azterketa, litología eta egitura definituaz. Geologiko kartografía 1 : 25.000-ko eskalan eginik.
- 3.— Hidrogeologiko azterketa. Urdunen parametro hidrauliko aztertu eta aurkeztuaz, eta beharrezko den balantze hidrologikoa eginaz.
- 4.— Urdunen zaurgarritasuna agertarazi, kutsaduraren ondorenak itzurtzeko asmoz.

Aztertu den lurraldea 8.5 km²-ko azalera du; 190 eta 20 l/sg. emariaz (urteko batazbestea) Urdunak elikatzen dituelarik.

BIBLIOGRAFIA

ADARO. EMPRESA NACIONAL DE INVESTIGACIONES MINERAS

1975— Mapa Geológico de España, hoja 63 (23-5) Eibar *Instituto Geológico y Minero de España*. Madrid.

AUBOUIN, J. BROUSSE, R. LEHMAN, J.D.

1980— Tratado de Geología. Editorial Omega. Barcelona.

BECERRIL, E.

1959— La regulación de los ríos. Consejo Superior de investigaciones Científicas. Madrid.

CAPEL MOLINA, J.

1981— Los climas de España. Oikos-Tau. Barcelona.

1983— El clima de la España Cantábrica. Las inundaciones de agosto de 1983. Editorial La Crónica. Almería.

CASARES, J., FERNANDEZ RUBIO, R., PULIDO, A.

1979— El manantial de Alomantes en régimen de agotamiento. Análisis de hidrogramas de surgencias kársticas. II Simposium de Hidrogeología y recursos hidráulicos. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos tomo V 19-37. Pamplona.

CASTANY, G.

1975— Prospección y explotación de las aguas subterráneas. Editorial Omega. Barcelona.

CRUZ SANJULIAN, J., SAENZ DE ETXENIQUE, F.

1980— Consideraciones preliminares sobre la hidrogeología del karst de Itxina. Estimaciones del coeficiente de infiltración y evaporación real. *Estudios Geológicos* 36, 281-287. Madrid.

CUSTODIO, E., LLAMAS, M.R.

1976— Hidrología subterránea. Editorial Omega. Barcelona

DAVIS, S.N., WIEST, R.

1971— Hidrogeología. Editorial Ariel. Barcelona.

DIPUTACION FORALDENAVARRA

1983— Las aguas subterráneas en Navarra. Dirección de Obras públicas. Servicio Geológico. Diputación Foral de Navarra. Pamplona.

EBDON, D.

1982— Estadística para geógrafos. Edit. Oikos-Tau. Barcelona.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.

1978— Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias. *Instituto Geológico y Minero de España*. Madrid.

JEREZ MIR, L.

1971— Estudio Geológico de la provincia de Guipúzcoa. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

KLIMENTOV, P.P., KONONOV, V.M.

1982— Metodología de las investigaciones hidrogeológicas Editorial MIR. Moscú.

MAGIN, A.

1975— Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. *Anales de speleologie* 30, 21-124. Moulins.

MATTAUER, M.

1976— Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre. Editorial Omega. Barcelona.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. INSTITUTIONAL. PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA.

1979— Precipitaciones máximas en España. Ministerio de Agricultura. Madrid.

MORENO CALVILLO, I., PULIDO BOSCH, A., FERNANDEZ RUBIO, R.

1983— Hidrogeología de las sierras de María y Maimón. *Boletín Geológico y Minero XCIV*, 321-338. Madrid.

PULIDO, J.L.

1978— Hidrogeología práctica., Editorial Urmo. Bilbao.

RAT, P.

1959— Les pays Crétacés Basco-Cantabriques. *Universidad de Dijon XVIII*. Dijon.

RUIZ URRESTARAZU, E.

1983— Estado actual de las fuentes de los datos climáticos en Alava, Guipúzcoa y Vizcaya y su posible planificación. Eusko Ikaskuntza. *Cuadernos de sección Geografía e Historia n.º 1*. 397-419. San Sebastián.

RUIZ URRESTARAZU, E

1981— La transición climática del Cantábrico Oriental al valle medio del Ebro. Diputación Foral de Alava. Vitoria.

SANCHEZ, G., FERNANDEZ, G.

1979— Climatología y bioclimatología aplicadas a la Rioja. Biblioteca de Estudio Riojanos. Logroño.

UGARTE, F.

1981— Datos para el clima de montaña en el País Vasco. Aránzazu (1966-78). *Munibe 33*, 21-30. San Sebastián.

URIARTE, A.

1980— La lluvia en la costa Norte de la Península Ibérica. *Lurralde 3*. San Sebastián.

1978— Mapa pluviométrico del extremo oriental del Cantábrico, *Lurralde 1*. San Sebastián.

1983— Estudio del medio físico de Txingudi. *Area de Climatología. Sociedad de Ciencias Aranzadi*. 154-169. San Sebastián.

1979— Régimen de precipitaciones en la Costa NW. y N. de la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

1983— Matices mediterráneos en las características de la precipitación en la costa Vasca. *Eusko Ikaskuntza. Cuadernos de Sec. Geografía e Historia 1*. 391-393. San Sebastián.

VIERS, G.

1975— Climatología. Edit. Oikos-tau. Barcelona