

Āl-Qanniš

BOLETIN DEL TALLER DE ARQUEOLOGIA DE ALCAÑIZ

القانيش



El área endorreica de Alcañiz (Teruel) Estudio interdisciplinar

■ Geomorfología del área de Alcañiz (Teruel) ■ Las lagunas del sector Alcañiz-Calanda como una manifestación hidrogeológica del drenaje de la cordillera ibérica en la depresión terciaria del Ebro ■ Respuesta de los sistemas lacustres y fluviales a los cambios medioambientales y a la actividad humana en Alcañiz (Teruel) ■ El poblamiento antiguo del área de Alcañiz (Teruel) ■ La fauna y la flora del complejo endorreico de las *saladas* de Alcañiz (Teruel) ■

Director

JOSÉ ANTONIO BENAVENTE SERRANO

Secretario

CARLOS NAVARRO CASES

Consejo de Redacción

TERESA ANDRÉS RUPÉREZ

ESTHER ARCHE GARCÍA

FRANCISCO MARCO SIMÓN

PEDRO A. PARACUELLOS MASSARA

JOSÉ LUIS PONZ PALACIOS

JESÚS VILLANUEVA HERRERO

Fotografías

Los autores

de los respectivos artículos

Diseño y coordinación técnica

VÍCTOR M. LAHUERTA GUILLÉN

Tratamiento de textos

PABLO CISNEROS BELENGUER

Fotomecánica e impresión

ARPIrelieve, S.A.

Blas Ubide, 5 y 7

50015 Zaragoza

Encuadernación

BOEL, S.A.

Depósito legal

Z-1690/92



La dirección de esta revista no se responsabiliza de las opiniones de los autores

Para información, intercambios y suscripciones dirigirse al

TALLER DE ARQUEOLOGIA
DE ALCAÑIZ
Aptdo. 127,
Alcañiz, Teruel

ESTA PUBLICACION HA SIDO SUBVENCIONADA POR EL INSTITUTO DE ESTUDIOS TUROLENSES DE LA EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL DE TERUEL



Puerta barroca, 1987. Oleo sobre tela de ENRIQUE TRULLENQUE, a quién dedicamos este número del *Boletín del Taller de Arqueología de Alcañiz*.

SUMARIO

- 3 **Geomorfología del área de Alcañiz (Teruel).**
J.L. PEÑA MONNÉ y M.T. ECHEVERRÍA ARNEDO
- 3 *Introducción.*
- 3 *El marco geográfico general.*
- 4 *Los factores del modelado.*
- 8 *Rasgos geomorfológicos.*
- 14 *Bibliografía.*
- 16 **Las lagunas del sector Alcañiz-Calanda como una manifestación hidrogeológica del drenaje de la cordillera ibérica en la depresión terciaria del Ebro.**
J.A. SÁNCHEZ NAVARRO, J. SAN ROMÁN y E. GARRIDO
- 16 *Introducción.*
- 17 *El medio físico.*
- 18 *El origen del agua en las lagunas.*
- 21 *La salinidad de las aguas.*
- 22 *El origen y evolución del endorreísmo.*
- 23 *Bibliografía.*
- 25 **Respuesta de los sistemas lacustres y fluviales a los cambios medioambientales y a la actividad humana en Alcañiz (Teruel).**
A.C. STEVENSON, M.G. MACKLIN, D.G. PASSMORE y J.A. BENAVENTE
- 25 *Introducción.*
- 25 *Area de estudio.*
- 26 *Metodología.*
- 27 *Reconstrucción paleoambiental de la Salada Pequeña.*
- 30 *Reconstrucción paleoambiental del río Regallo.*
- 34 *Conclusiones.*
- 35 *Bibliografía.*
- 36 **El poblamiento antiguo del área endorreica de Alcañiz (Teruel).**
J.A. BENAVENTE SERRANO, C. NAVARRO CASES,
J.L. PONZ PALACIOS y J.C. VILLANUEVA HERRERO
- 36 *Introducción. El área endorreica de Alcañiz y el Plan de Regadíos del Canal de Calanda.*
- 38 *Las prospecciones.*
- 39 *Carta arqueológica de la zona afectada por el Plan de Regadíos del Canal de Calanda.*
- 84 *El poblamiento del área endorreica de Alcañiz. Conclusiones.*
- 89 *Bibliografía.*
- 93 **La fauna y la flora del complejo endorreico de las saladas de Alcañiz (Teruel).**
H. BOURRUT LACOUTURE
- 98 *La vegetación de las saladas de Alcañiz.*
- 103 *La fauna de las saladas de Alcañiz.*
- 105 *Ultimos datos sobre la avifauna de las saladas de Alcañiz.*
- 106 *Bibliografía.*

Las lagunas del sector Alcañiz-Calanda como una manifestación hidrogeológica del drenaje de la cordillera ibérica en la depresión terciaria del Ebro

J.A. Sánchez Navarro

J. San Román

E. Garrido

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza

Introducción

El sector endorreico Alcañiz-Calanda constituye un conjunto de depresiones cerradas que dan lugar a una gran variedad de lagunas, charcas, balsas naturales y zonas húmedas en general, que en sus aspectos geomorfológicos fueron estudiadas por IBÁÑEZ, M.J. (1973).

Este endorreísmo no constituye un caso único en la cuenca del Ebro sino que forma junto con la zona de Chiprana-Caspe el denominado foco endorreico del Bajo Aragón. La existencia de depresiones cerradas, con lagunas, charcas, zonas húmedas... es un hecho bastante frecuente en la depresión terciaria del Ebro, tal y como puede verse en la figura 1.

Como causa del endorreísmo, tanto de este sector como de otros de la cuenca del Ebro, se ha señalado por diversos autores (DANTÍN, J., 1942a y 1942b; IBÁÑEZ, M.J., 1975 y 1981; ALBERTO, F. et al., 1984) la convergencia de factores morfoestructurales y climáticos que condicionan la ausencia de drenaje de superficie en estas zonas. Estos autores ubican las lagunas en zonas

topográficamente deprimidas donde la existencia de un sustrato impermeable (materiales del Terciario) hace que se acumule el agua tanto de lluvia como de escorrentía superficial.

La incidencia del agua subterránea, tanto en la génesis y evolución de las depresiones cerradas como en la formación de lagunas, no ha sido apenas tenida en cuenta;

por primera vez, en la ponencia presentada por MARTÍNEZ GIL, F.J. et al. (en prensa) en el Congreso de Botánica en Homenaje a Francisco Loscos, celebrado en la localidad de Alcañiz, se señala la importancia que el agua subterránea tiene en el mantenimiento del agua en lagunas como las de la cuenca del Ebro, situadas todas ellas bajo un clima semiárido. Posteriormente, han sido

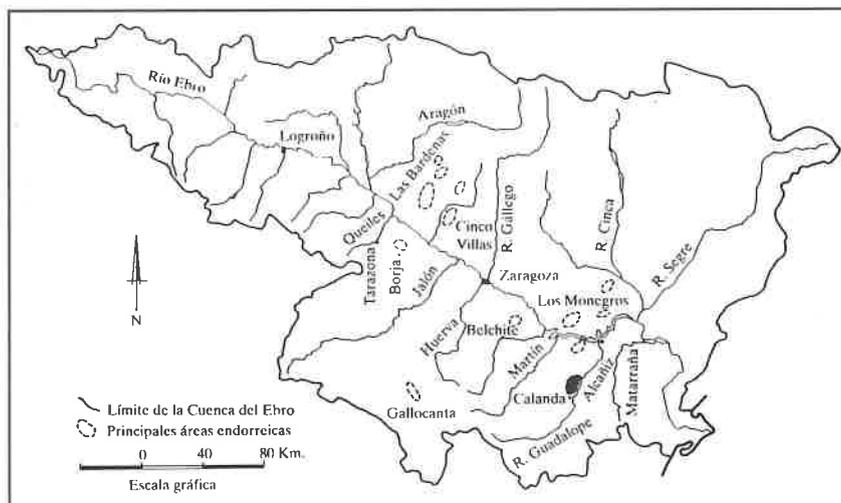


Figura 1. Focos de endorreísmo mas importantes en la depresión terciaria del Ebro y localización del endorreísmo de Alcañiz-Calanda (IBÁÑEZ, M.J. 1973).

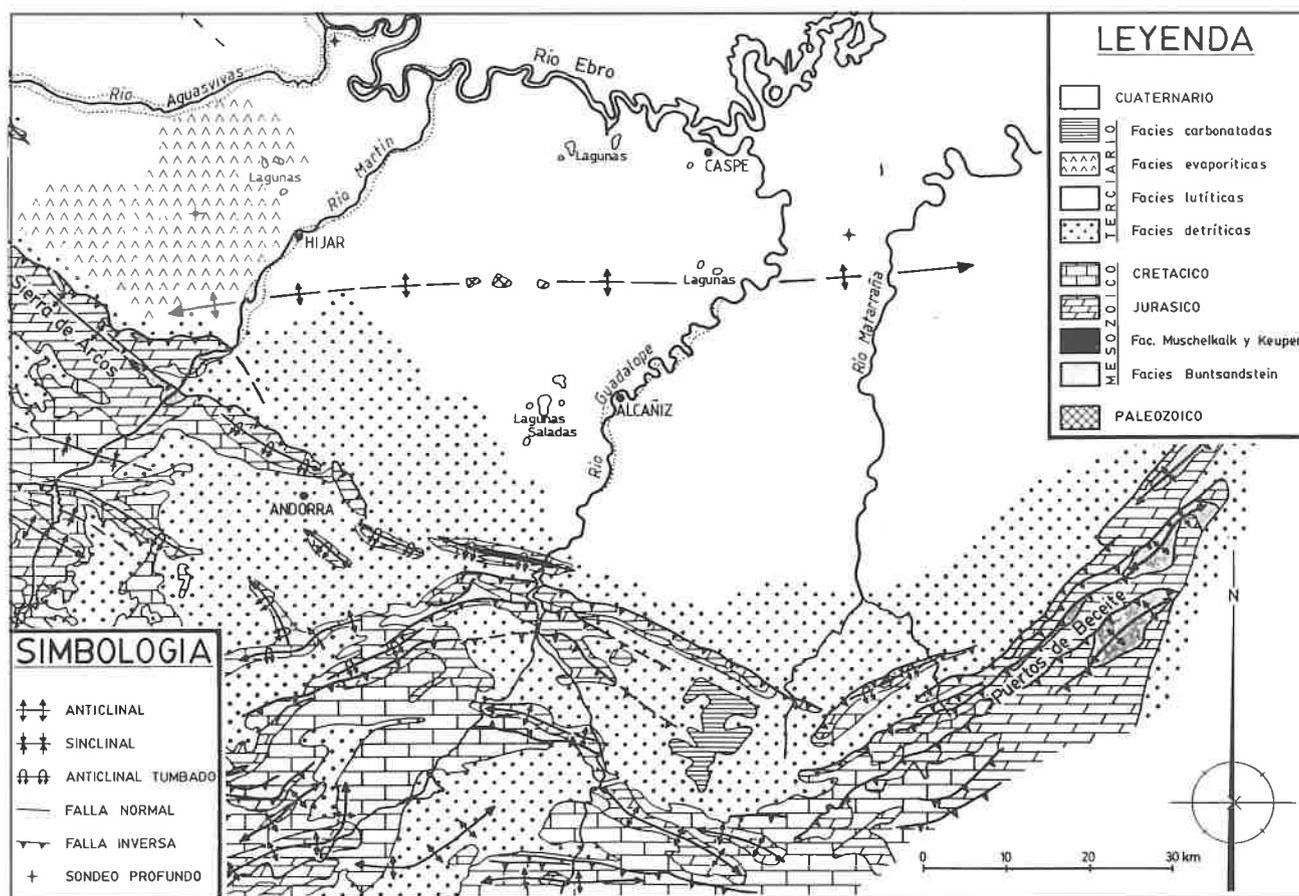


Figura 2. Mapa geológico de la zona endorreica de Alcañiz-Calanda y de su entorno.

varios los trabajos realizados por la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Zaragoza que han puesto de manifiesto la relación existente entre el agua subterránea en medios poco permeables y la génesis y evolución de lagunas; destacan sobre todo las aportaciones realizadas en el conocimiento de las lagunas de Monegros: SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al. (1988 y 1990) y también de todas las lagunas y humedales de la margen derecha del Ebro, considerados todos ellos como una manifestación del drenaje subterráneo de la cordillera ibérica en la depresión terciaria del Ebro: SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al. (1987 y 1990).

Este drenaje subterráneo viene impuesto por la disposición topográfica elevada de la cordillera ibérica respecto de la depresión terciaria del Ebro, de manera que la mayor parte de esta cordillera constituye un área de recarga para las aguas subterráneas, hecho favorecido por la importante extensión que presentan los afloramientos

carbonatados (ver fig. 2). El drenaje de estas aguas infiltradas se produce en su mayor parte a través de una serie de manantiales que se ubican principalmente en la zona de contacto entre las dos unidades geológicas consideradas (en la zona estudiada corresponde a los manantiales de *Los Fontanales* en el río Guadalupe), pero parte del flujo continúa a través de los materiales poco permeables del Terciario, surgiendo en superficie de una forma difusa y dando lugar a humedales, charcas, lagunas...

El medio físico

Situadas al W y SW de Alcañiz y extendiéndose hacia el sur hasta las proximidades de Calanda, IBÁÑEZ, M.J. (1973), señala la presencia de más de 25 lagunas y charcas en las partes más bajas de las zonas topográficamente deprimidas. Con excepción de la *Estanca* que tiene agua de forma permanente, el resto son estacionales u ocasionales. Al-

gunas de las lagunas han sido muy modificadas por la actividad antrópica; así las más próximas a la localidad de Alcañiz (*Cruz de la Tierra, Blanco, El Batán*) han sido drenadas y cultivadas, mientras que la *Estanca* se utiliza como embalse regulador de aguas del río Guadalupe que llegan a ella mediante un canal de derivación, siendo su capacidad actual de 11hm³.

La totalidad del sector endorreico se ubica sobre materiales del terciario de la cuenca del Ebro; en concreto los formaciones aflorantes pertenecen al Mioceno inferior y están constituidas por lutitas predominantemente arcillosas, que alternan con pequeños bancos de areniscas, que hacia el W pasan a ser conglomerados y hacia el este pasan a yesos en nódulos y trazas. Sobre todo el conjunto lutítico se ubican paleocanales de conglomerados y areniscas de aspecto meandriforme muy característicos en todo el sector del Bajo Aragón.

En la figura 2 se muestra la situación del sector estudiado den-

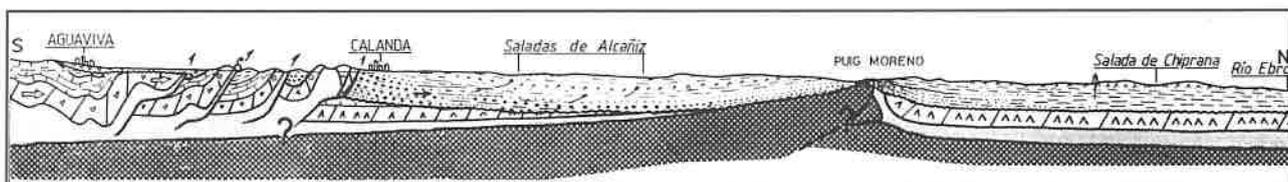


Figura 3. Corte geológico transversal (N-S) de la zona estudiada.

tro de la depresión terciaria del Ebro. Como puede verse, tiene una ubicación claramente marginal dentro de la depresión de manera que puede individualizarse como *subcuenca*, limitada al sur y este por el frente de cabalgamiento de la cordillera ibérica, y al norte por el pequeño afloramiento de edad Paleozoico del área de Puig Moreno. Esta *subcuenca* se pone de manifiesto en el corte geológico transversal realizado (fig. 3) donde se aprecia también la asimetría que presenta, tanto en espesor como en litología de sus depósitos, así como en la notable diferencia que presenta su substrato: al sur formado por materiales del Mesozoico, y al norte por materiales del Paleozoico.

Hidrogeológicamente, los materiales lutítico-arcillosos aflorantes son de una elevada porosidad pero de baja permeabilidad, por lo que pueden definirse como acuitardos. Es en los materiales acuitardos —almacenan agua pero la transmiten lentamente— sobre los que se desarrollan las depresiones cerradas y/o lagunas observadas en la cuenca del Ebro.

En el presente trabajo haremos referencia básicamente a la *Salada Grande* de Alcañiz, al ser la de mayores dimensiones, la más característica y, también, la más inmediatamente afectada por las transformaciones en regadío que se están haciendo en la zona.

El origen del agua en las lagunas

Con frecuencia se ha señalado como factor esencial del endorreísmo en la cuenca del Ebro, la existencia de un clima semiárido en el que la escasez de las precipitaciones no ha permitido la configuración de una red de drenaje que sirva de desagüe eficaz a la exigua escorrentía generada. Sin negar este factor, resulta paradójico el utilizar este hecho para

justificar el endorreísmo, y no considerarlo para explicar la necesaria existencia de otras aportaciones de agua a las lagunas (además de la precipitación), que justifiquen la permanencia aunque sea estacional del agua en las mismas.

La consideración generalizada hasta fechas recientes de que las lagunas se desarrollan sobre un substrato impermeable ha llevado a negar la existencia de flujos subterráneos alimentadores. En este sentido los hidrogeólogos han puesto de manifiesto cómo la calificación de impermeable no resulta apropiada en su concepción absoluta para ningún material geológico y es preferible referirse a los materiales por los que el agua circula con gran lentitud (menos de 10 mm/día) como de *poco permeables*.

En las lagunas no existe infiltración de agua porque a ella llegan flujos subterráneos ascendentes, es lo que se denomina *drenaje impedido*, y es éste el fenómeno más extendido en las depresiones endorreicas de la cuenca del Ebro.

Por todo ello, conocer el origen del agua de las lagunas es por una parte hacer un balance hídrico (hidroclimatología) y por otro conocer el funcionamiento hidrogeológico de la laguna y de su entorno (hidrogeología).

Hidroclimatología

Los datos de precipitación correspondientes a los observatorios del entorno de la laguna muestran cómo los valores medios anuales se sitúan en los límites representativos de climas áridos y semiáridos. Estos valores se acompañan en la figura 4 y oscilan entre los 458 mm de Andorra y los 297 mm de Caspe; en el entorno más inmediato de la laguna los valores son de unos 360 mm/año.

Estos valores anuales de precipitación (entradas) comparados con las salidas en las lagunas (una evaporación en lámina libre de 1.000 a 1.500 mm/año) o en el suelo de los terrenos inmediatos (evapotranspiración potencial de 800 a 850 mm/año), muestran la imposibilidad de que sólo con la precipitación las depresiones cerradas de la zona puedan permanecer inundadas.

Un análisis hidrometeorológico correcto sólo puede hacerse realizando el balance hídrico a nivel diario, única forma de simular de una manera más próxima a la realidad el fenómeno de la precipitación, evaporación y variación de la reserva de agua en el suelo o en la laguna. El balance diario de agua en el suelo se ha realizado para el observatorio de Alcañiz con los datos de precipitación diaria registrada entre los

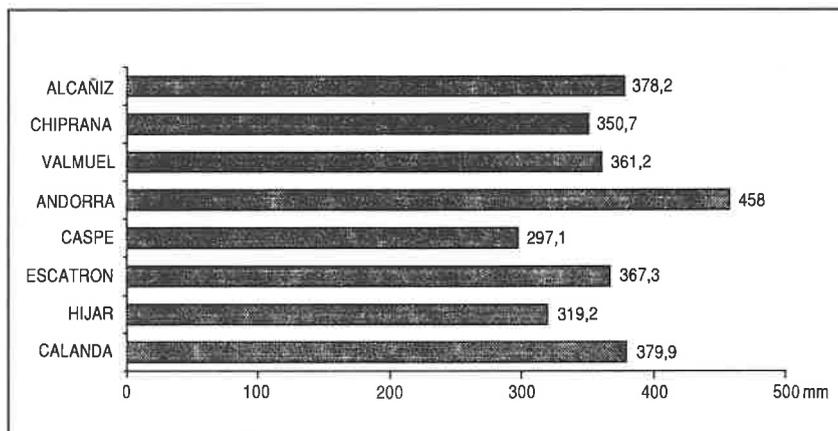


Figura 4. Precipitaciones medias anuales de los observatorios meteorológicos de la zona.

Cuadro I

BALANCE EN CAPACIDAD DE CAMPO 30 mm

	1984	1985	1986	1987	1988	media
Reserva inicial	10,00	3,87	28,91	22,19	20,91	————
Reserva final	3,87	28,91	22,19	20,91	21,25	————
Variación	-6,13	+25,04	-6,72	-1,28	0,34	11,25
Precipitación	253,05	306,1	364,5	487,20	405,50	363,27
ETP	742,38	788,41	790,79	815,11	820,29	791,39
Déficit	525,47	528,81	468,86	498,62	505,41	505,43
ETR	216,90	259,60	321,95	317,49	314,88	286,16
Escorrentía superf.	2,00	14,10	11,60	45,60	0,00	14,66
Infiltración	40,28	7,36	37,77	125,39	90,28	60,19

BALANCE EN CAPACIDAD DE CAMPO 50 mm

	1984	1985	1986	1987	1988	media
Reserva inicial	15,00	3,87	31,22	36,10	40,91	————
Reserva final	3,87	31,22	36,10	40,91	40,29	————
Variación	-11,13	28,65	4,88	4,81	-0,62	5,31
Precipitación	253,05	306,10	364,50	487,20	405,50	363,27
ETP	742,38	788,41	790,79	815,11	820,29	791,39
Déficit	500,47	523,76	446,74	478,62	466,90	483,29
ETR	241,90	263,35	344,06	337,49	353,38	308,03
Escorrentía superf.	2,00	14,10	11,60	45,60	0,00	14,66
Infiltración	20,28	0,00	3,96	99,30	52,74	35,25

Resultados de la aplicación del programa de balance diario de agua en el suelo (*Balandir*).

años 1984 y 1987, utilizando para ello el programa *Balandir* cuyas características y modo de empleo se señalan en el trabajo de SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al. (1990).

En el *Cuadro I* se acompañan los valores de precipitación, ETP, ETR, déficit y excedentes, de cada uno de los años. La media de las precipitaciones registradas (363 mm) es coincidente con la obtenida para periodos de observación más largos (*fig. 4*), la ETP se sitúa en torno a los 800 mm, por lo que el déficit es del orden de 500 mm/año. La ETR –agua utilizable por la vegetación– es muy reducida, inferior a 300 mm y la escorrentía, tanto la superficial como la subterránea, es muy variable de un año a otro, siendo como media de 14 mm para la superficial y de 35 a 60 mm para la subterránea (según el tipo de suelo considerado). Como puede verse existen años en que prácticamente el agua no circula por la superficie, mientras que otros ésta alcanza valores elevados (casi 50 mm de escorrentía superficial y más de 100 mm de subterránea).

En cuanto a la distribución mensual de la escorrentía, en las *figuras 5 y 6* se muestra ésta, acumulando los valores mensuales de cada año (para la capacidad de campo de 30 mm).

La escorrentía superficial (*fig. 5*) es máxima en los meses de septiembre y octubre coincidiendo con fuertes chubascos que por su intensidad no pueden ser absorbidos por el suelo, iniciando rápidamente los que se denomina la escorrentía di-

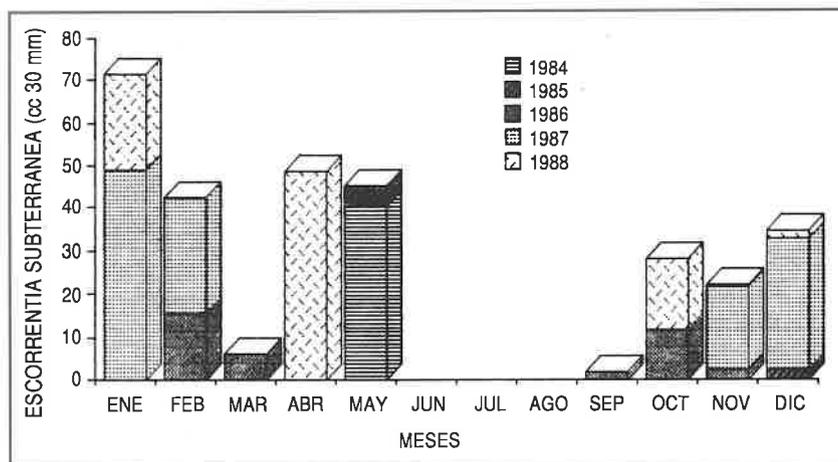


Figura 6. Escorrentía subterránea mensual acumulada, según el programa *Balandir*. Los valores están en litros/m².

recta. Este tipo de escorrentía se ha registrado también en julio, y es posible en cualquier otro mes del año. Por el contrario, la escorrentía superficial observada en mayo y enero se produce una vez que el suelo está saturado (capacidad de campo cubierta) y por tanto no requiere de lluvias intensas, siendo sólo posible en los meses de invierno e inicio de la primavera.

La escorrentía subterránea (infiltración) queda reducida a los meses de invierno y primavera, periodo en que la demanda de agua por la atmósfera (ETP) es mínima y la capacidad de campo se encuentra con frecuencia cubierta.

Hidrogeología

Los materiales que conforman tanto el vaso como el entorno de la *Salada* de Alcañiz, y de las restan-

tes lagunas, son de granulometría fina, y se caracterizan por una elevada porosidad y una baja permeabilidad. Estas características hidráulicas se traducen en una muy baja difusividad hidráulica, de manera que el agua al aflorar en superficie (manantiales, lagunas, humedales...) lo hace con caudales reducidos y constantes en el tiempo. Todo el conjunto terciario se comporta como un medio de baja permeabilidad (acuitardo) con un nivel saturado próximo a la superficie, en ocasiones aflorante, determinado en gran medida por la proximidad de la sierra y en relación, por tanto, con el ya comentado drenaje subterráneo de la cordillera ibérica (ver *fig. 3*).

En base a estas características hidrogeológicas el origen del agua en las lagunas puede desglosarse del siguiente modo:

- Escorrentía ocasional, supone un aporte que raramente perdura más de 5 días. Procede de la precipitación que directamente recibe la superficie de la laguna, y de las escorrentías, superficial e hipodérmica.
- Escorrentía permanente y de caudal prácticamente constante a lo largo del año. Corresponde a flujos ascendentes de agua subterránea que por la naturaleza poco permeable del medio suponen un caudal de aporte prácticamente constante todo el año.

La falta de una red hidrográfica superficial que converja en la laguna permite afirmar que el aporte más significativo de agua a la lague-

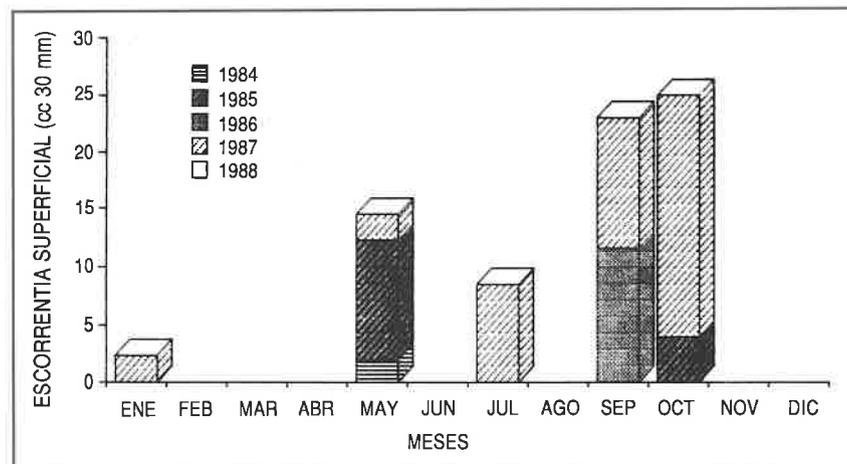


Figura 5. Escorrentía superficial mensual acumulada, según el programa *Balandir*. Los valores están en litros/m².

na (*Salada Grande*) es de origen subterráneo. La constancia de este aporte hace que la existencia de agua en la laguna en condiciones naturales esté básicamente condicionada por el poder evaporante de la atmósfera, hecho ya señalado para las sebkjas por COQUE, R. (1977).

Así, durante la época invernal, la evaporación en lámina libre es muy reducida (inferior a 0.5 mm/día), por lo que la llegada del flujo subterráneo es suficiente para mantener permanentemente inundada la laguna. Por el contrario, durante el verano, con un flujo subterráneo similar al invernal, la evaporación alcanza valores de 10 a 12 mm/día, por lo que el agua no puede mantenerse en la superficie; no obstante, a escasos centímetros de la superficie del suelo el terreno está permanentemente saturado.

La salinidad de las aguas

Para conocer las características físico-químicas de las aguas de la *Salada Grande* y de su entorno se dispone de un total de 8 análisis, de los que 3 corresponden a aguas de dicha *salada* en diferentes épocas, uno al canal de drenaje que la rodea, y el resto a manantiales del entorno de la laguna. Los valores obtenidos están expresados en el *Cuadro II*.

El agua de la *Salada Grande* se puede clasificar como de auténtica salmuera. La muestra más diluida corresponde a la tomada en febrero de 1988 presentando un contenido en sales de 82,5 gramos/litro (el agua de mar tiene 35,5 g/l) y su composición es **clorurada-sulfatada, sódica**. El mayor contenido

en sales de las restantes muestras de la *Salada* se debe al proceso de concentración por evaporación, observado y puesto de manifiesto en las cercanas lagunas de Monegros (SÁNCHEZ NAVARRO, J.A. et al., 1988).

Para conocer la naturaleza físico-química del flujo subterráneo que de forma constante alimenta a la *Salada Grande*, son de gran interés las muestras de *referencia 4 y 5*. La de *ref. 4* corresponde al canal de drenaje que rodea a la laguna y que por tanto capta agua subterránea que de forma natural surgiría en el fondo de la laguna, el agua es salobre con 23,2 g/l de residuo seco y una composición **sulfatada, sódico-magnésica**. También en relación con la alimentación subterránea de las áreas endorreicas estudiadas se destacan los rezumes que aparecen

Cuadro II

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS *

	1	2	3	4	5	6	7	8
R.S. mg/l	82546	—	—	23236	15000	4360	4386	802
pH	7,8	—	—	8,8	8,1	7,5	7,7	7,9
CO ₃ ⁼	0,0	2,0	1,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₃ H ⁻	4,6	5,6	6,5	3,85	5,6	2,7	3,3	2,9
SO ₄ ⁼	508,3	601,7	899,4	261,5	194,8	49,2	50,4	8,1
CL ⁻	850,5	1624,9	1526,1	96,3	28,1	12,7	12,1	0,3
Ca ⁺⁺	40,0	31,4	27,4	35,0	40,0	36,0	36,0	10,5
Mg ⁺⁺	210,0	587,3	511,6	155,0	115,0	18,0	18,0	0,4
Na ⁺	1130,4	1546,4	1996,6	183,9	69,5	13,0	13,0	0,3
K ⁺	2,5	4,86	4,3	0,4	0,1	0,2	0,6	0,5

1. Laguna *Salada Grande*, febrero de 1988.
2. Laguna *Salada Grande*, 1978.
3. Laguna *Salada Grande*, 1978.

4. Canal de drenaje.
5. Corral de *Loma Yerba*.
6. Manantial *Val de Estremera I*.

7. Manantial *Val de Estremera II*.
8. Pozo *Ermita de San Miguel*.

*Valores iónicos en meq/l.

en las trincheras del Canal de riegos (ref. 5), la mineralización de estas aguas alcanza los 15 gr/l y su composición es **sulfatada, magnésico-sódica**.

Las aguas de las muestras referencias 4 y 5, tienen una composición química característica de aguas procedentes del drenaje subterráneo de la cordillera ibérica en la depresión terciaria del Ebro, típicas de zonas externas al drenaje principal (en la cuenca del Guadalope el drenaje principal son *Los Fontanales*, ver figura 4).

La existencia de paleocanales dentro de la formación lutítica terciaria, provoca la presencia de canalizaciones preferentes del agua subterránea, que por tener un menor periodo de tiempo de contacto con el terreno adquiere una menor mineralización; de este tipo son las aguas observadas en los manantiales de Estremera (ref. 6 y 7) y pozo de la *Ermita de San Miguel* (ref. 8), son aguas con una mineralización

inferior a 4 g/l y una composición **sulfatada, cálcica**.

El origen y evolución del endorreísmo

La figura 7 resume de forma esquemática y secuencial, tanto el origen como evolución de las formas endorreicas observadas en la zona *Alcañiz-Calanda*; paralelamente, se acompaña el origen y evolución formulado por nosotros para las lagunas de Monegros. En ambos modelos se observa el destacado papel que las aguas subterráneas tienen en todo el proceso.

Si en Monegros el inicio de las depresiones cerradas se debe a la disolución de calizas y yesos (carstificación), en el sector *Alcañiz-Calanda*, el origen del endorreísmo, entendido como formación de una zona topográficamente deprimida

respecto de su entorno, se debe a la deflación del viento sobre los materiales lutíticos sueltos.

Las lutitas se hacen deflactables *sueeltas* por la acción físico-química de flujos ascendentes de aguas subterráneas salinas (las aguas citadas en el apartado anterior). Estas aguas cuando inciden sobre los paleocanales de arenisca no los afectan, o, a lo sumo, dan una disgregación gruesa (pan de miga) que no es transportable por el viento.

La meteorización de los materiales por el agua subterránea es por tanto el factor que prepara al terreno para la **erosión diferencial por el viento**. La erosión eólica genera las depresiones cerradas; iniciado el proceso, éste se acelera ya que en las zonas topográficamente más deprimidas los flujos de agua subterránea son más activos, lo que incrementa la meteorización y con ello el material disponible para la deflación.

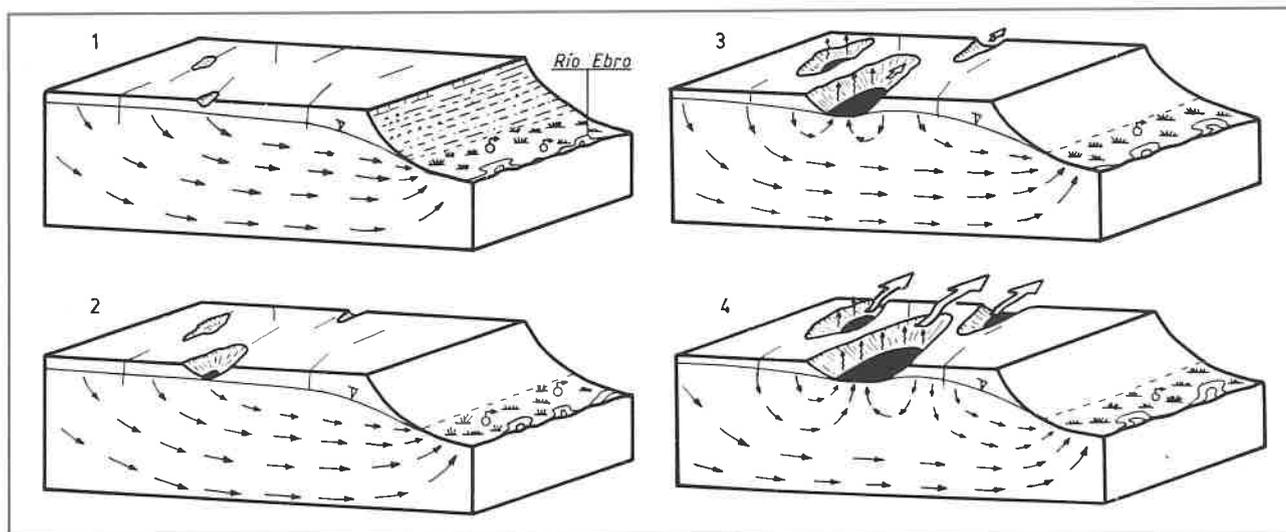


Figura 7. En esta pág. y en la siguiente, modelo conceptual de origen y evolución de las depresiones cerradas en Monegros y en la zona *Alcañiz-Calanda*.

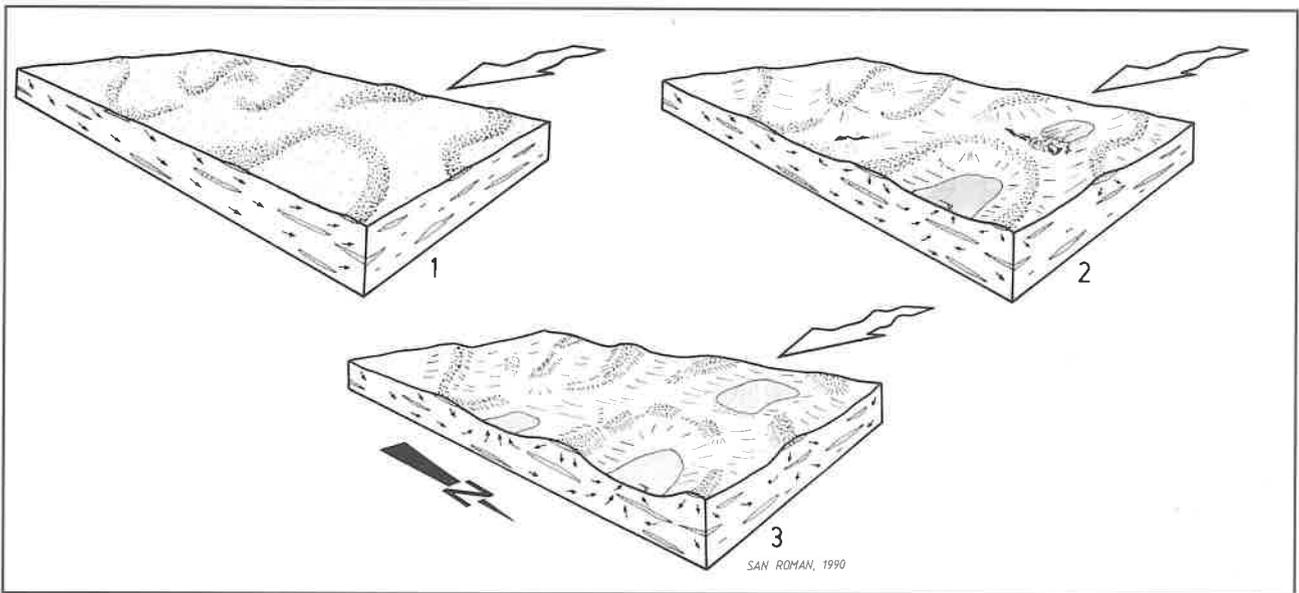
Origen y evolución de las depresiones cerradas en Monegros

1. Situación inicial: A favor de zonas más permeables, las aguas meteóricas se infiltran disolviendo los materiales carbonatados y yesíferos. El agua con las sales en disolución profundiza hasta alcanzar la superficie freática, con lo que se incorpora al flujo subterráneo general.

2. El proceso anterior lleva a la formación de depresiones cerradas, con morfología de embudo, son auténticas dolinas. El ahondamiento de la depresión continúa hasta alcanzar la superficie freática, con lo que comienza la inundación periódica de la depresión; es decir, se forma la laguna.

3. El afloramiento en superficie de la zona saturada genera una mayor evaporación, lo que induce un gradiente en el nivel freático hacia la laguna (es una situación análoga al cono de bombeo que se produce durante la extracción de agua por un pozo). El gradiente de la superficie freática hacia la laguna provoca flujos ascendentes de agua que imposibilitan la infiltración del agua meteórica, es la situación que se denomina *drenaje impedido*. El agua no puede evacuar las sales; al contrario, los flujos ascendentes aportan más sales a la laguna.

4. La evaporación del agua en la laguna provoca la acumulación de sales y restos orgánicos en la depresión, con lo que se configuran superficies extremadamente planas *niveladas* típicas de estos medios *sebkha*. La situación progresa lateralmente y son cada vez más profundos los flujos subterráneos que alcanzan la laguna. La única evacuación natural posible de las sales es el viento.



Origen y evolución de las depresiones cerradas de Alcañiz-Calanda

1. Se parte de una supuesta situación inicial en que los paleocanales de arenisca y las lutitas presentan una topografía plana, inclinada y deprimida respecto a las sierras próximas. El agua meteórica, tanto la superficial como la subterránea inicia la meteorización del terreno. El viento comienza la deflacción de los materiales lutíticos, mientras que con los paleocanales de arenisca su acción erosiva queda reducida a la corrosión.

2. La erosión diferencial del viento sobreexcava las depresiones cerradas generadas en las lutitas y rodeadas por paleocanales. Aflora la zona saturada, y las depresiones comienzan a permanecer inundadas.

3. Se instalan flujos locales de agua subterránea, que junto con otros de mayor recorrido y periodo de residencia en el terreno, dan lugar al afloramiento de aguas con elevada salinidad. La concentración por evaporación aumenta el contenido salino hasta valores muy superiores a los del agua del mar. Las sales se precipitan en el fondo de la laguna, junto con barros lutíticos, actuando el proceso como eficiente nivelador, generando así las formas extraordinariamente planas y horizontales de las *sebkhas*.

En una fase posterior, la acumulación en la depresión del agua subterránea y superficial (precipitación) y su posterior evaporación provoca la precipitación de sales con lo que el ahondamiento se para-

liza y las sales se acumulan actuando este proceso como nivelador del terreno: se forman las típicas llanuras planas de sales.

El fondo de la *Salada Grande* es por tanto una morfología resultan-

te del equilibrio dinámico entre la acción del viento y la precipitación de sales; cualquier acción antrópica sobre ella y su entorno modificará irreversiblemente su equilibrio. ■

Bibliografía

ALBERTO, F. et al., 1984: *El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes*, Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza, 217 pp.

COQUE, R., 1984: *Geomorfología*, Alianza Universidad Texto, 415 pp.

DANTÍN, J., 1942 a: "Localización del endorreísmo aragonés", *Las Ciencias*, 7 (3), pp. 55-564.

- 1942 b: "Distribución y extensión del endorreísmo aragonés", *Estudios Geográficos*, 8, pp. 505-595.

IBÁÑEZ, M^a. J., 1973: "Contribución al estudio del endorreísmo de la depresión del Ebro: el foco endorreico al W y SW de Alcañiz (Teruel)", *Geographica*, 15 (1), pp. 21-32.

- 1975: "El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro". *Cuaderno de Investigación Geográfica*, 1 (2), pp. 35-48.
- 1981: "Naturaleza y estructura del territorio aragonés: la depresión del Ebro", *Geografía de Aragón*, Guara Editorial, pp. 43-68.

- QUIRANTES, J., 1965: "Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago", *Geographica*, 12, pp. 30-34.
- MARTÍNEZ GIL, F.J. y SÁNCHEZ, J.A., 1990: *Hidrogeología del valle del Ebro*, Libro Homenaje a Francisco Loscos, Instituto de Estudios Turolenses (en prensa).
- MINGARRO, F., ORDÓÑEZ, S., LÓPEZ, M.C. y GARCÍA, A., 1981: "Sedimentoquímica de las lagunas de Los Monegros y su entorno geológico", *Boletín Geológico y Minero*, XCII-III, pp. 171-195.
- PUEYO, J.J., 1978-79: "La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provs. de Zaragoza y Teruel)", *Revista del Instituto de Investigación Geológica*, 33, Diputación de Barcelona, pp. 5-56.
- 1980: "Procesos diagenéticos observados en las lagunas de tipo playa de la zona de Bujaraloz-Alcañiz (provs. de Zaragoza y Teruel)", *Revista del Instituto de Investigación Geológica*, 34, Diputación de Barcelona, pp. 195-207.
- RIBA, O., VILLENA, J. y QUIRANTES, J., 1967: "Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales de la zona Caspe-Chiprana (Zaragoza)", *Anal. Edaf. Agrob.*, 26 (1-4), pp. 617-634.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A., DE MIGUEL, J.L. y MARTÍNEZ GIL, F.J., 1987: "El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la depresión terciaria del Ebro y procesos geológicos asociados", *II Congreso de Geoquímica de España*. pp. 3-8.
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A., MARTÍNEZ GIL, F.J., SAN ROMÁN, J. y DE MIGUEL, J.L., 1988: "Manifestaciones hidrológicas e hidroquímicas de flujos subterráneos procedentes de formaciones poco permeables del terciario del Somontano de Huesca", *Estudios Geológicos*, 44, pp. 445-452.
- 1990: "El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la depresión del Ebro: aspectos geológicos", *Geogaceta* (en prensa).
- SÁNCHEZ NAVARRO, J.A., GARRIDO, E., DE MIGUEL, J.L. y JORGE, J.C., 1990: "La escorrentía natural en la zona oriental de Monegros: resultados de la aplicación de un programa de balance diario de agua en el suelo", *Mallada de Ciencias*, Instituto de Estudios Altoaragoneses (en prensa). ■