

# FENOMENOS DE SUFOSION (PIPING) EN LA DEPRESION MEDIA DEL EBRO.

Mateo Gutiérrez Elorza\*  
Joaquín Rodríguez Vidal\*

## RESUMEN

En la depresión media del Ebro son relativamente frecuentes los procesos de sufosión. Se analizan diferentes ejemplos de estos fenómenos y se efectúan consideraciones morfológicas, de situación geomórfica y algunas de carácter genético.

## SUMMARY

*Piping* processes are very common in the middle Ebro basin. This paper describes several local examples of subsurface erosion and so morphological aspects, geomorphic situation and genetic circumstances are analyzed.

“El término *sufosión* procede del latín *suffossio* que significa, esencialmente, excavar por debajo y, accesoriamente, perforar de abajo a arriba. Esta denominación fue introducida por MORARIU y TUFESCU (1964)” (en SOLEIL-HAVOUP y CAILLEUX, 1979) y se utiliza básicamente en Europa oriental y por algunos investigadores franceses (TRICART, 1965 y 1977). Sin embargo, el término *piping*, de difícil traducción al castellano, es más ampliamente utilizado.

Aunque existen muchas definiciones de estos términos (TERZAGHI y PECK, 1967; MEARS, 1968; COOKE y WARREN, 1973; BUTZER, 1976; TRICART, 1977; CARSON y KIRKBY, 1972; SELBY, 1982, etc), quizás sea en la monografía sobre *piping* en suelos de JONES (1981) donde se efectúa una más amplia disquisición sobre las terminologías y definiciones del *piping*. En ella se recoge la dada por CHORLEY (1978) que agrupa tanto

\* Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Universidad de Zaragoza.

los procesos de *piping* producidos suelos como en materiales sueltos. Este autor lo define como “la formación de conductos (*pipes*) naturales en el suelo u otros depósitos no consolidados por eluviación o por procesos de erosión diferencial subsuperficial”.

Son muy numerosos los factores que desarrollan el *piping*, algunos por sí mismos desencadenan el proceso y otros coadyuvan a la generación de estos conductos. Aunque la sufosión es un micromodelado azonal, dado que se encuentra en todos los regímenes climáticos es, en las zonas secas, preferentemente semiáridas, donde alcanza un mayor grado de desarrollo. Esto se debe en parte a tres circunstancias: por un lado, la necesidad de un agrietamiento por desecación que favorece el inicio del *piping*; por otro, la presencia de lluvias de tormenta esporádicas que alimentan rápidamente a los conductos y túneles y evacúan el material a favor de fuertes gradientes hidráulicos; y, finalmente, la presencia de una vegetación de tipo estepario que favorece el desarrollo del proceso. También hay que tener en cuenta la orientación de las vertientes de cara a una mayor efectividad de la sufosión. Igualmente, en un contexto evolutivo geomorfológico, hay que considerar los cambios climáticos recientes por la incidencia que pueden presentar en la generación de estas formas.

La acción antrópica ejerce un papel manifiesto debido a las prácticas agrícolas, tales como la irrigación, desforestación, sobrepastoreo, aterrazamientos, que producen en numerosos casos desencadenamiento de los procesos de *piping*.

Todos los autores están de acuerdo que la actividad biológica de los animales que perforan la tierra puede ser una causa iniciadora de la sufosión, al aprovechar el agua estos conductos de origen biótico y desarrollar posteriormente la red de túneles y galerías subsuperficiales. También la presencia de conductos de raíces, rellenos por materiales no consolidados, pueden ser utilizados para el inicio y progresión del *piping*.

El desarrollo de estos conductos hipodérmicos van siempre ligados a la presencia de materiales no consolidados. Los tamaños óptimos para su generación son los de arcilla-limo-arena fina, que pueden ser fácilmente evacuados en estado disperso bajo gradientes hidráulicos importantes. Con frecuencia los conductos se producen en el contacto de estos materiales con horizontes arcillosos impermeables o con sedimentos consolidados.

Un factor significativo en la iniciación y progresión del *piping* viene dado por la presencia de materiales finos con alto contenido en sodio. La percolación del agua y lixiviado subsecuente del sodio, trae como consecuencia la dispersión del material, que lo convierte en fácilmente transportable. También la presencia de arcillas hinchables del tipo montmorillonita puede motivar el agrietamiento superficial y ser causa iniciadora del *piping*.

## EJEMPLOS DE SUFOSION EN LA REGION CENTRAL DE LA DEPRESION DEL EBRO

La presencia de conductos subsuperficiales en la Depresión del Ebro ha sido señalada por diversos autores (MENSUA e IBÁÑEZ, 1975; ZUIDAM, 1976; GALLART, 1979 y RODRIGUEZ VIDAL, 1983), siendo estos dos últimos los que efectúan un análisis más pormenorizado de la sufosión.

Los cuatro ejemplos que se van a analizar se encuentran todos ellos bajo un sistema morfoclimático semiárido (RODRIGUEZ VIDAL, 1982). El *piping* se localiza en las tres primeras zonas en materiales fundamentalmente limosos de vertientes y rellenos de valle de fondo plano, y el último en gravas de la terraza baja del río Gállego.

1. *Angüés*. En un barranco de dirección submeridiana situado a 1,5 km. al Oeste de Angüés (hoja n.º 287, Barbastro) y en las proximidades de la carretera Huesca-Lérida, se observan fenómenos de *piping* en un depósito limo-arenoso no consolidado, con algún canto disperso, y un horizonte basal de gravas angulosas de arenisca alternando con lutitas de edad miocena.

En los barrancos laterales se observan, en los limos, microporos desde un tamaño milimétrico hasta 2 cm. de diámetro; algunos de ellos son sin duda bioporos (insectos y arácnidos). La característica fundamental viene dada por el predominio de conductos verticales cilíndricos, con diámetros entre 10 y 50 cm. Se puede observar la profundidad de algunas de estas galerías verticales en los puentes naturales (foto 1) (bridge *piping* de HARVEY, 1982) generados por el proceso de sufosión; algunos alcanzan más de 4 m. de desarrollo. También aparecen escasos conductos horizontales, en la masa de limos, de unos 10 cm. de diámetro y se localizan muchos de ellos en el contacto con el substrato mioceno. Los puentes naturales presentan grietas abiertas, a favor de las cuales se ha producido el desplome de grandes bloques a su pie.

La morfología general del depósito es la de un derrame en vertiente que alimenta el fondo de los valles y que posteriormente ha sido incidido produciendo un intenso acarcavamiento con estructuras turrículadas (*demoiselles coiffées*). El *piping* se localiza, en este caso, en las márgenes del valle principal, cerca de los relieves en graderío de areniscas. El origen parece deberse a una alimentación por aguas de lluvia y escorrentía que se infiltra rápidamente en el depósito de limos, bajo un fuerte gradiente hidráulico que viene dado por el elevado espesor del depósito, pequeño recorrido y contacto brusco con el margen mioceno. Esta localización de *pipes* verticales en los márgenes es señalada por SLAYMAKER (1982); también BRYAN y YAIR (1982) indican que el desarrollo de tubos verticales es típico de zonas áridas. Estos mismos autores señalan que el flujo subterráneo favorece los procesos de acarcavamiento y SLAYMAKER (1982) indica que el *piping* es un factor que contribuye a la iniciación de la cárcava, ya que orienta el flujo de

agua subterránea. Por otra parte, con los datos que disponemos, es difícil señalar cual es la causa inicial del desarrollo de la sufosión en esta zona.

2. *Azlor*. En un valle de fondo plano de la margen derecha del barranco de la Clamor y a pocos cientos de metros del pueblo de Azlor (hoja nº 287, Barbastro), aparecen numerosos conductos de sufosión. Este valle está excavado en materiales blandos de la formación Peraltilla y limitada por *hogbacks* de arenisca con numerosos alveolos, tafonis y gnammas. Se observan asentamientos que generan depresiones en embudo de escala decimétrica a métrica y puntualmente se desarrollan colapsos que hacen aflorar tubos horizontales (foto 2) originados por flujos subsuperficiales. Estos conductos se producen dentro de los depósitos no consolidados del relleno de la val, en el contacto entre limos arenosos y horizontes arcillosos. En los limos, son frecuentes las eflorescencias salinas, que pueden indicar una génesis por dispersión de arcillas a favor de la disolución del sodio.

La mayoría de estos colapsos y conductos acompañantes se localizan en los bordes de bancales antrópicos, construidos con sillares, de hasta 3 m. de altura. Se observan, al pie de los mismos, tubos de salida, sin duda en relación con las pequeñas galerías horizontales situadas a techo. Los tamaños oscilan entre 20 y 50 cm. En las paredes de los barrancos son frecuentes los bioporos de arácnidos de 1 cm. y otros ornitogénicos de 15-20 cm. Toda la val presenta un cultivo de cereales y en ella aparecen numerosos conductos verticales de 5 a 10 cm., unos sin duda naturales y otros biogénicos. También, en algunos puntos, se observa un intenso agrietamiento de la superficie.

El fenómeno del *piping* en este área es un proceso funcional y muy activo; genera continuas depresiones, algunas de dimensiones hectométricas, que obliga a los agricultores a rellenar con grandes medios mecánicos estas áreas deprimidas. Es posible que la iniciación de la sufosión se deba al agrietamiento superficial, a la presencia del sodio intercambiable en los limos y a la intensa actividad de los roedores en el área.

3. *Yéqueda*. En toda la Hoya de Huesca se desarrollan extensos derrames de limos, con horizontes de gravas hacia la base, de edad holocena, que en su mayoría están disectados por una profunda red de barrancos. En uno de ellos, barranco Morrano, situado 1,5 km. al Este de Yéqueda (hoja nº 248, Apiés) aparecen algunos conductos debidos a drenaje subsuperficial. Están situados en las paredes de los rellenos limosos que contienen algunos fragmentos de cerámicas medievales, lo que indica una edad postmedieval para la elaboración del derrame, cronología ya señalada por RODRIGUEZ VIDAL (1983) para estas formas en la Hoja de Huesca.

Se trata básicamente de *pipes* horizontales, algunos de morfología lenticular y otros en "ojo de cerradura" (foto 3) que, en ocasiones, pasan a conductos verticales. Surgen, fundamentalmente, en el contacto con el substrato mioceno, constituido por areniscas y arcillas. Más al Este, en la cabecera de

## SUFOSION EN LA DEPRESION DEL EBRO

las vertientes, aparecen profundos acaravamientos con pipes verticales en la raíz de los mismos.

4. *Peñaflor*. En la carretera de Zaragoza a Peñaflor (hoja nº 355, Leciñena) y en un meandro del río Gállego, a unos metros de esta carretera, se observan en la pared de la terraza baja, constituida por gravas con pequeños lentejones arenosos, conductos horizontales de gran tamaño (foto 4), con dimensiones máximas en la vertical de hasta 5 m. y de anchura 1,5 m. Estos grandes conductos aparecen rellenos por material fino casi en toda su sección, interpretándose como depósitos de inundación. También se reconocen conductos de tamaño decimétrico, tanto en el depósito de la terraza como en los materiales de un extenso glacis que lo recubre. Igualmente, se observa un puente natural de gran tamaño, asociado al colapso de los conductos de sufosión.

Llama poderosamente la atención la existencia de estos conductos en materiales no consolidados de gran tamaño. La exportación de los mismos debe requerir muy importantes gradientes hidráulicos subsuperficiales. Creemos que los mismos pueden estar relacionados con la existencia de un intenso karst en yesos que se reconoce en la zona de Cubero, 2 km. al Este de estos conductos, donde son frecuentes espectaculares colapsos actuales de más de 10 m. de profundidad y que van ligados a fuertes lluvias de tormenta. Estas grandes galerías endokársticas deben de conectar con los depósitos de la terraza fluvial y producir su horadamiento subterráneo.

## CONCLUSIONES

Los ejemplos anteriormente reseñados indican que los procesos de *piping* son relativamente frecuentes en la Depresión del Ebro y que necesitan de un estudio más profundo de su situación, redes de *piping*, génesis de los mismos, incidencia en el medio natural y relación con la actividad antrópica. Estos medios semiáridos, como indica JONES (1981), están en equilibrio quasi-estable y “el desarrollo inicial del *piping* tiende a asociarse con sistemas que están quizás temporalmente, en desequilibrio”; es por esta razón, por la que deben analizarse los cambios climáticos y antrópicos como factores desencadenantes de estos procesos.

MATEO GUTIERREZ ELORZA, JOAQUIN RODRIGUEZ VIDAL



Foto 1. Puente natural formado por colapsamiento de galerías de sufosión. Angües (Huesca).



Foto 2. Pequeño hundimiento que permite observar un conducto horizontal subsuperficial junto al borde de su bancal y desarrollo inicial de una cárcava. Azlor (Huesca).

## SUFOSION EN LA DEPRESION DEL EBRO



Foto 3. Conducto de sufosión en forma de "Ojo de cerradura". Yéceda (Huesca).

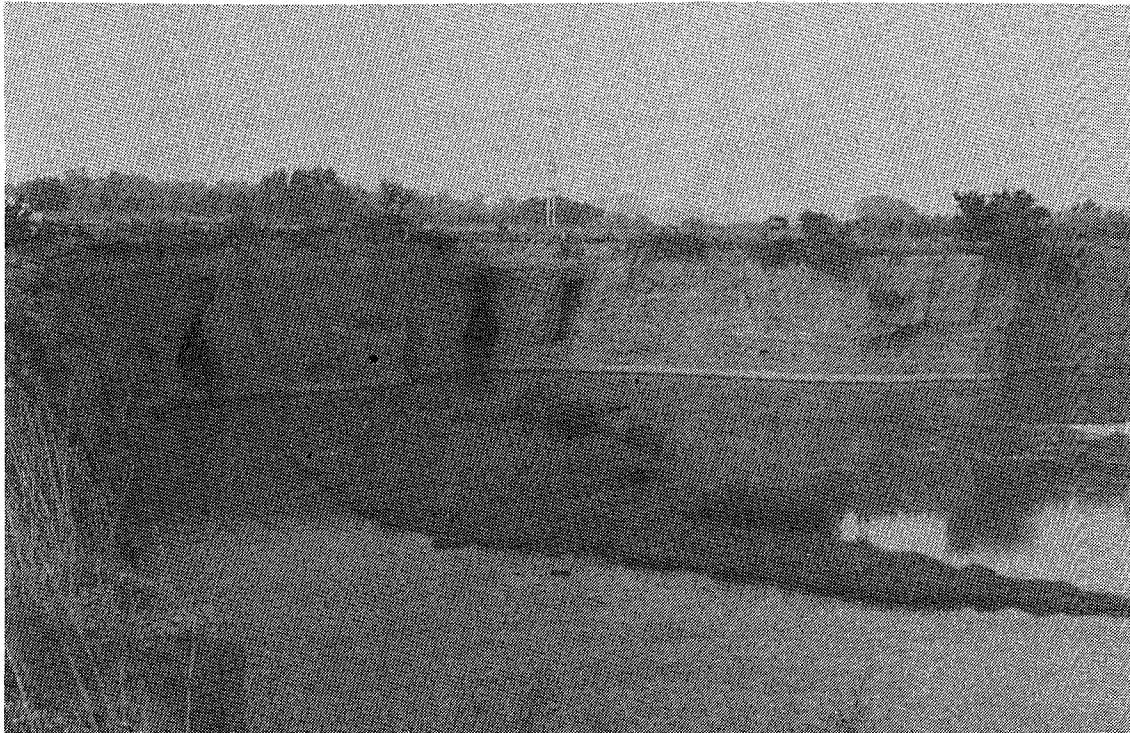


Foto 4. *Piping* en gravas de la terraza subactual del Río Gállego. Peñafior (Zaragoza).

### BIBLIOGRAFIA

- BRYAN, R. y YAIR, A. (1982). Perspectives on studies of badland geomorphology. En: *Badland Geomorphology and Piping*. (Ed) R. Bryan y Yair, Geo Books, 408 p. pp. 1-12. Norwich.
- BUTZER, K.W. (1976). *Geomorphology from the Earth*. Harper, 463 p., New York.
- CARSON, M.A. y KIRKBY, M.J. (1972). *Hillslope Form and Processes*. Cambridge Univ. Press, 485 p., London.
- CHORLEY, R.J. (1978—). Glossary of terms. En: *Hillslope Hidrology*. (Ed) M.J. Kirkby, Wiley, 389 p., pp. 375-376, New York.
- COOKE, R.U. y WARREN, A. (1973). *Geomorphology in Deserts*. Batsford, 394 p., London.
- GALLART, F. (1979). Observaciones sobre la geomorfología dinámica actual en la conca d'Odena (alrededores de Igualada, prov. de Barcelona). *Actas III Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario*, pp. 123-134.
- HARVEY, A. (1982). The role of piping in the development of badlands and gully systems in south-east Spain. En: *Badland Geomorphology and Piping*. (Ed) R. Bryan y A. Yair, Geo Books, 408 p., pp. 317-335, Norwich.
- JONES, J.A.A. (1981). *The nature of soil piping-a review of research*. Geo Books, 301 pp., Norwich.
- MEARS, B. (1968). Piping. En: *The Encyclopedia of Geomorphology*. (Ed) R.W. Fairbridge, Dowden, 1295p., pp. 849.
- MENSUA, S. e IBAÑEZ, M.J. (1975). Alveolos en la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación*, 2, pp. 3-14. Colegio Universitario de Logroño.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1982). Distribución morfoclimática en la Depresión media del Ebro: procesos dominantes y modelado actual. *Estudios Geol.*, 38, pp. 43-50.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1983). *Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte*. Tesis Doctoral, 493 p., Fac. Ciencias, Zaragoza (inérita).
- SELBY, M.J. (1982). *Hillslope Materials and Processes*. Oxford Univ. Press, 264 p.
- SLAYMAKER, O. (1982). The occurrence of piping and gullying in the Pentintion glacio-lacustrine silts, Okanagan Valley, B.C. En: *Badland Geomorphology and Piping*. (Ed) R. Bryan y A. Yair, Geo Books, 408 p., pp. 305-316, Norwich.



## SUFOSION EN LA DEPRESION DEL EBRO

- SOLEILHAVOUP, F. y CAILLEUX, A. (1979). Formes de suffosion actuelle près de Tamanrasset (Hoggar, Sahara). *Z. Geomorph.*, 23, pp. 13-26, Berlín.
- TERZAGHI, K. y PECK, R.B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley, 729 p. New York.
- TRICART, J. (1965). *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Masson, 496 p. París.
- TRICART, J. (1977). *Precis de Géomorphologie (II)*. Sedes, París.
- ZUIDAM, R.A. van (1976). *Geomorphology development of the Zaragoza region, Spain*. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), 211p., Enschede.

