

BADLANDS EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA: ¿PAISAJE A PROTEGER O MODELADO A DESTRUIR?

F. BERRAD Y L. GARCÍA-ROSSELL
CSIC-UNIV. DE GRANADA (I.A.C.T.)

RESUMEN

Los badlands constituyen un modelado singular que ocupa, sin embargo, extensiones no despreciables dentro de la provincia de Almería (del orden del 15%), de ahí el interés de su estudio. Generalmente están condicionados por un clima árido o semiárido, cubierta vegetal escasa, suelo poco cohesivo e inadecuado uso del suelo. Es de resaltar el hallazgo de esta morfología en algunos sectores de esta provincia con clima húmedo y con escasa actuación antrópica. Se sistematizan en 5 tipos y se analizan los aspectos presumiblemente negativos o positivos en su desarrollo.

Palabras Clave: Badland, Almería, inestabilidad mecánica, procesos erosivos.

ABSTRACT

Badlands extend on about 15% of the province of Almería (S.E. Spain); the importance of the surface they occupy is at the origin of the interest of their study. They are generally associated to dry climat regions with scarce vegetation cover, non cohesive soils and extensive land use. Nevertheless it is important to point out their existance in non conventional spots, as it occurs in some sites of the Almería province, where at least 4 types of badlands were identified. An other point of interest in their study is to determine the impact they produce in the environment and the analysis of their negative and positive aspects.

Key words: Badlands. Almería, slope instability, erosional processes.

INTRODUCCIÓN

El paisaje que configuran los modelados de badlands es generalmente considerado como la más genuina representación de un sistema morfológico desértico, y la erosión

en cárcavas que le acompaña es una forma culminante de los procesos de erosión hídrica de los suelos (Harvey y Calvo, 1992). Sin embargo, su distribución y su génesis muestran una más amplia gama de condicionantes, de tal manera que algunos ocurren bajo condiciones de humedad y de cubierta vegetal densa.

En todo caso, siempre conllevan implícito un notable impacto ambiental, que puede ser positivo (al considerar como atributo positivo su estética) o bien negativo, (al considerar como tal la pérdida de vegetación, la intensísima erosión y la inestabilidad mecánica de sus laderas). Consecuentemente, hay dos actitudes ante un territorio ocupado por badlands: **tratar de corregir su desarrollo o bien proteger su existencia**. Un ejemplo de este último es la actuación de la Administración Regional en el área de Tabernas, (Almería), donde se declara Paisaje de Interés Turístico y genera importantes beneficios económicos (Excma. Dip. Almería, 1984). Lo contrario es más frecuente y, desde luego, es en esta actitud correctora donde se encuadran las labores de la agricultura tradicional o de los planes de reforestación.

Un análisis con perspectivas regionales del tema en la provincia de Almería introduce ciertos factores medioambientales que en cierto modo obligarían a reconsiderar las directrices que se vienen promoviendo en la ordenación del territorio. Tales factores serían los siguientes:

- A.- **A escala de cuenca hidrográfica** ¿representa un atributo negativo o positivo la alta erosión en los badlands?.
- B.- **Bajo la perspectiva de riesgo natural** ¿cómo se evalúa una zona con modelado en badlands?.
- C.- **Ante las obras de ingeniería** ¿cuál es el significado de los badlands?.
- D.- **Desde el punto de vista genético** ¿representan realmente los badlands un indeseado resultado del mal uso del suelo o, por el contrario, son consecuencia de factores naturales, no antrópicos que son corregidos por ciertos usos agrícolas?.
- E.- **Ante la regeneración de suelos** ¿es posible la regeneración de estas laderas o de los fondos de los valles a ellas asociados?

Las respuestas a tales interrogantes requieren ante todo un conocimiento, con notable grado de precisión, de los mecanismos generadores de badlands y de las consecuencias de su desarrollo. Los trabajos en curso que llevamos a cabo en diversas áreas de la provincia de Almería arrojan algunos resultados que permiten perfilar las respuestas a las preguntas y cuestiones planteadas.

BADLANDS

Definición y Factores condicionantes

El término «badland» se usó al principio para describir terrenos intensamente acarcavados, donde la vegetación es escasa o ausente y que no son aprovechables para la actividad agrícola. Estos terrenos se caracterizan por una red de drenaje densa y muy

fina y taludes cortos, de pendientes fuertes, con interfluvios estrechos (Fairbridge, et al. 1968).

Se considera que los condicionantes de este desarrollo son esencialmente de tipo litológico y climático: los materiales que favorecen este tipo de relieve (sea regolito o formación geológica), son materiales muy poco cementados (sobre todo arcillas y limos), a veces con minerales solubles (yeso). Los ejemplos más conocidos y desarrollados se encuentran en arcillas, margas y/o formaciones limo-arcillosas, pero se ha podido constatar su presencia en conglomerados arenosos con matriz arcillosa, en areniscas débilmente cementadas e incluso en materiales de alteración de esquistos, filitas y pizarras del Trías y Paleozoicas. (Berrad, F. et al. 1994a).

Aunque las diferencias de las características físicas y mineralógicas del material son responsables de muchas o tal vez de la mayoría de las variaciones de la morfología de los badlands, éstas no explican todas las diferencias observadas. En algunas zonas las propiedades químicas son más significativas y el balance entre el porcentaje de sodio intercambiable (ESP) del regolito y la conductividad (E_c) puede determinar la presencia y umbral de los procesos geomórficos (Bryan y Yair, 1984). Algunos parámetros geomecánicos de los minerales arcillosos más frecuentemente implicados en las formaciones geológicas generadoras de badlands (sobre todo su hinchamiento, dispersión y floculación) están fuertemente afectados por las variaciones en el equilibrio químico; así, la Montmorillonita tiene una capacidad de hinchamiento extremadamente alta y, en medios ricos en sodio, ejerce un control importante sobre los procesos de estabilidad mecánica de las laderas y de susceptibilidad para ser arrastradas en estado viscoso por las escorrentías superficiales.

A excepción de los badlands de Hong Kong (donde la media de las precipitaciones alcanza los 1900 mm), todos los badlands están caracterizados por precipitaciones limitadas en el tiempo pero concentradas en pocas tormentas intensas, con prolongados períodos de calor y sequía. Las áreas de desarrollo del modelado se podrían clasificar en dos grandes grupos:

- **Áreas áridas y semiáridas** del mediterráneo donde la mayor parte de las lluvias caen en forma de tormentas de alta intensidad con un largo y seco verano.

- **Áreas continentales en altas latitudes** donde la acción del hielo es significativa por los grandes fríos del invierno.

Los badlands en zonas húmedas y cubierta vegetal bien desarrollada se atribuyen generalmente a la acción antrópica; también se extiende esta explicación a muchos casos de la zona mediterránea, explicando la pérdida de vegetación por dos factores convergentes que han operado en esta región desde la época romana:

- Oscilación del régimen climático progresivamente más seco, con cambios de las lluvias de invierno por tormentas de verano.

- Sobrepoblación, sobrepastoreo y deforestación.

El conocimiento de los procesos erosivos que controlan el desarrollo de los badlands en una zona concreta es primordial para cualquier acción o intervención que se promueva en la misma. Una primera etapa del estudio es la caracterización de los materiales y que estos son determinante, en cuanto a los agentes que predominan en el área. A esto sigue

el seguimiento de las tasas de erosión, aunque no siempre sea posible por el tiempo que requiere para que sus datos sean verdaderamente válidos; desde luego, el mínimo ha de ser de un ciclo hidrológico de 11 años.

Procesos erosivos principales

Los procesos principales son la erosión hídrica (por «splash» o salpicadura, «piping» o sofusión) y los movimientos en masa superficiales.

Escorrentía: Es generalmente asumido que una vegetación poco densa, laderas escarpadas y materiales impermeables, resultan en escorrentía hortoniana extendida, existiendo una relación íntima entre la escorrentía y la capacidad de infiltración. Un gran número de procesos generadores de escorrentía son activos en los badlands, los datos de campo enseñan grandes cambios en los procesos sobre distancias pequeñas de un mismo talud, reflejando diferencias en la humedad y estructura del suelo, del mismo modo que se observan también grandes variaciones temporales en un mismo punto. En las zonas de convergencia del flujo la distribución de este es alterada por la formación de «rills» o arroyos efímeros, el flujo en grietas aparece en los badlands arcillosos como estadio inicial del flujo en los interfluvios. Una comparación entre zonas húmedas y semiáridas pone de manifiesto algunas diferencias: en las zonas semiáridas, los arroyos son pulsatorios, discontinuos y no simultáneos; mientras que en zonas húmedas ocurre lo contrario. Esta comparación sugiere un control climático que conduce a un flujo más rápido y una mejor integración del flujo del arroyo en los badlands de zonas húmedas.

Del estudio de la materialedad en la Cuenca del río Almanzora (Berrad, et al., 1994) y de otros puntos de badlands a nivel nacional, hemos llegado a la conclusión de que el carácter hinchable de los materiales es el factor que controla el carácter permanente o efímero de los rills.

Tubificación, o «Piping»: La erosión en túnel se desarrolla en distintos materiales y circunstancias, y ocurre en una amplia variedad de ambientes desde el semiárido (Stoking, 1977) hasta el templado (Knapp, 1970).

La única condición para su existencia es la yuxtaposición de un gradiente hidráulico con un plano libre de fuerte pendiente. En condiciones naturales, las formas de erosión en túnel se observan más fácilmente en puntos de alta capacidad de infiltración dentro de terrenos de baja permeabilidad intrínseca, donde se concentra la infiltración. Las condiciones adecuadas se producen en las grietas de desecación intensa, (relacionadas con altos potenciales de hinchamiento), en materiales favorables al agrietamiento con altas concentraciones en sales y arcillas hinchables. La erosión en túnel no está siempre relacionada con las grietas de retracción superficial ya que también aparecen por la convergencia de las líneas de flujo subsuperficial. El requerimiento de un fuerte gradiente hidráulico, que estimule el flujo subsuperficial y el transporte, se genera fácilmente donde se han formado las cárcavas, pero también puede ocurrir en las pendientes empinadas

cuando tanto las salidas como las entradas se hallan en la superficie del mismo segmento de la pendiente (Jones, 1971). En el sector de Albox, existen excelentes ejemplos de ello.

Además de llevar a cabo un drenaje muy rápido los túneles son causantes de la erosión y evacuación del material de arrastre y, a medida que irrumpen hacia la superficie, inician las cárcavas (Thornes, 1980).

Erosión por splash: Este tipo de erosión, causado directamente por las gotas de lluvia, es favorecido por la ausencia de la vegetación, un material friable y lluvias intensas.

Movimientos en masa

Los movimientos o deslizamientos en masa en las laderas son el otro de los procesos que, junto a la erosión hídrica, originan los badlands.

La relación espacial entre deslizamientos y modelado en cárcavas tiene tres posiciones:

- 1.- Frente de deslizamiento.
- 2.- Talud o cicatriz del deslizamiento
- 3.- Deslizamiento en laderas cóncavas.

Las dos primeras se dan en los deslizamientos de tipo isotrópico, y la segunda en los de solifluxión y debrisflow, es decir que los dos primeros dependen de las condiciones mecánicas de la ladera en su conjunto y la tercera de las condiciones de fluidez de los materiales que la forman.

De los distintos tipos de movimientos de masa que muestra la fig. 2 (tomada de Carson y Kirby, 1979), en la prov. de Almería se asocian a la generación de badland los 4 siguientes, por orden de mayor a menor frecuencia: (fig. 1)

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| A.- Solifluxión | |
| B.- Deslizamientos isotrópicos | |
| C.- Fluencias de barro | (Debris-flow) |
| D.- Fluencias de tierras | |

Hemos podido sistematizar la siguiente secuencia de los procesos que generan cárcavas:

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
| Pie de talud | | |
| 1.- Pie de talud Inestable mecánicamente | 2.- Movimiento en masa isotrópico | 3.- Erosión hídrica +solifluxión y debris flows |

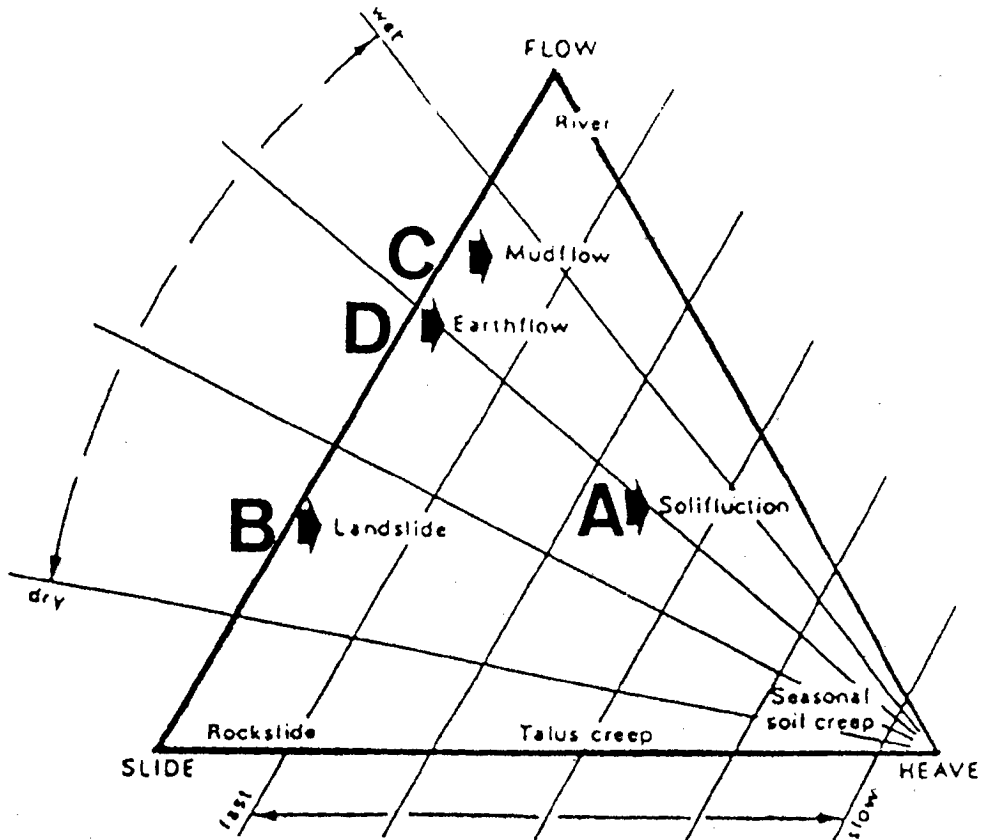


FIG. 1.- Condiciones de humedad y velocidad de desplazamiento de los movimientos de masa, con indicación de los 4 tipos que en la prov. de Almería se asocian a la generación de badlands

Movimientos en masa: El criterio de clasificación de los movimientos en masa suele ser la forma y el mecanismo; En la fig. 1 representa una clasificación según el mecanismo y la humedad, como lo proponen Carson y Kirkby (1979). La estabilidad de las vertientes depende de la topografía, del clima, de la humedad y de la geología y, en todos los casos de movimientos de masa existe una explicación de tipo mecánico a esta inestabilidad.

UN ESPACIO FAVORABLE AL DESARROLLO DE BADLANDS: LA PROVINCIA DE ALMERÍA

Los rasgos geológicos y climáticos

La provincia de Almería ocupa el extremo sudoriental de la península ibérica y se extiende sobre una superficie de 8774 km² con una amplia apertura al mar a través de 219 km de costas. En términos generales hay que destacar que la mayor parte de la superficie provincial corresponde a terrenos plegados pertenecientes a las fases orogénicas alpinas que levantaron las Béticas, dejando aflorar terrenos pertenecientes a épocas muy diferentes que van desde la Era Primaria hasta finales de la Era Terciaria. Una pequeña parte de la superficie (10%), que constituye las tierras más septentrionales, pertenecen al dominio Subbético. Los valles de los ríos, las depresiones y los pasillos o corredores tectónicos presentan una cubierta del Cuaternario, que define una de las características geomorfológicas del Sudeste peninsular: las extensas superficies subhorizontales de **glacis**.

A escala provincial, existen cuatro grandes unidades Morfotectónicas: (U.M.):

U.M. Subbética: El relieve, abrupto con un alineamiento típico NNE-SSW presenta una gran inestabilidad de sus laderas como lo reflejan los cambios bruscos de las pendientes así como los grandes escarpes. El abarrancamiento es sin embargo, menos frecuente que en la zona bética, dada su menor aridez y la naturaleza de los materiales. Constituyen el extremo septentrional de la provincia.

U.M. Bética.- Que ocupa la parte central y meridional, con materiales paleozoicos y triásicos, de bajo o medio metamorfismo y naturaleza esquistosas (unidades Nevado-filábrides) o carbonatada y filítica alternadas (unidades Triásicas o alpujárrides).

La distribución altitudinal de estos materiales va desde el nivel del mar hasta las 2.167 m.s.n.m. de la Tetica de Bacares (en la Sierra de los Filabres) o los 2.606 del pico Chullo, en Sierra Nevada; ello implica toda una secuencia de zonas climáticas tal como muestra la fig. 2.

En esta U.M. se desarrollan los badlands en las filitas triásicas (localmente denominadas «Launas»), en pizarras y esquistos grafitosos paleozoicos y, en contados puntos, en dolomías fuertemente tectonizadas (Kakeritas), y ello con independencia de la zona climática, lo cual constituye un hecho de notable importancia en cuanto al condicionamiento genético de tal morfología (Berrad et al., 1994b).

U.M. de las Depresiones terciarias.- Constituyen la mayoría de las llanuras donde aparecen los cauces principales de una red hidrográfica bien jerarquizada, testigo de palaeoclimas mucho más húmedos que el actual. Los

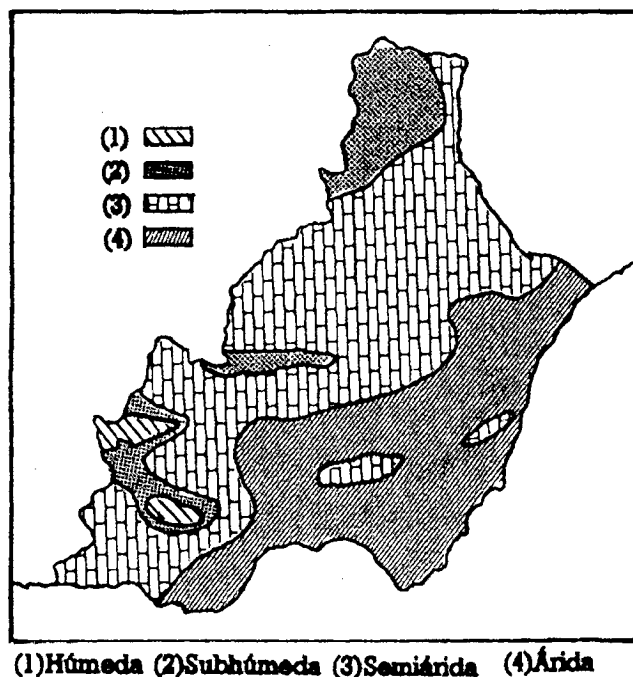


FIG. 2.- Distribución de zonas climáticas en la Provincia de Almería.

pliegues y fracturas que afectan a sus materiales son el resultado de una actividad neotectónica, que condiciona el trazado de la red de drenaje, a cuyo encajamiento se asocia la formación de bad lands, allí donde afectan a materiales especialmente susceptibles. Tal susceptibilidad puede definirse por sus características geomecánicas, las cuales reflejan su naturaleza mineralógica y química, tal como muestran las tablas 1 y 2.

U.M. Volcánica.- Ocupa, principalmente, el área de Cabo de Gata, formando colinas de no más de 300 m. s.n.m., paralelas a la costa y limitada tectónicamente con las rocas limitantes.

Desde el punto de vista **climático**, es especialmente ostensible el control de la topografía sobre las precipitaciones, existiendo notable paralelismo entre las líneas de isoyetas y las isohypsas, de tal forma existe un paralelismo entre las máximas de precipitaciones corresponde a la zona bética (baja Alpujarra y Sierras marginales de los ríos Nacimiento, Adra y Andarax). En estas zonas montañosas las precipitaciones superan los 400 mm/año; además de la influencia de la topografía, se observa un aumento de las precipitaciones a medida que se aleja de la costa y se entra en los valles.

Concentraciones representativas en Na, K, Ca, y Mg en materiales limo arcillosos neógenos acaravados

Ca ⁺⁺ meq/l		Mg ⁺⁺ meq/l		Na ⁺ meq/l		K ⁺ meq/l		SAR
*	#	*	#	*	#	*	#	
7.55	21.47	1.00	1.15	2.13	0.66	----	0.22	1.46
3.78	23.76	1.46	2.82	1.4	0.53	0.09	0.16	1.22
3.24	18.79	3.11	2.99	0.46	0.44	----	0.21	0.34
10.11	16.67	7.33	1.91	42.8	41.93	0.24	0.2	20.5
34.49	10.23	54.40	7.92	11.72	6.62	0.31	0.2	2.49
29.12	40.53	14.13	5.07	23.95	2.03	2.64	0.59	7.28
37.65	35.43	26.98	5.27	146.7	6.76	0.91	0.32	36.5
72.00	30.80	52.64	7.36	339.8	20.6	4.62	0.53	60.8
52.80	24.28	49.67	9.83	228.2	18.3	1.79	0.51	45.1
47.95	0.193	55.10	0.13	426.7	0.09	25.0	0.04	84
42.80	27.23	63.02	17.12	492.6	55.43	4.52	0.91	95.8

* Solución de saturación # Bases de cambio

TABLA 1.- Características químicas de los materiales que los Badlands en la C. del Almanzora

< ° μ	Finos (Limo +arcilla) W1%	Lp%	IhKp./cm	Lotología y tipo de badlands (Bd)	
16% (7-29%)	46.0	31.6	22	0.69	Limos y arcillas cuaternarias Bd-3
9% (3-15)	30.0	24.5	15.9	0,6	Filitas Triásicas («Jaunas») Bd-4
32% (14-53)	94.9	54	29.9	1,6	Margas y limos arcillosos, Neógenos Bd-1

TABLA 2.- Valores medios representativos de algunos de los parámetros geomecánicos de los materiales sobre los que se desarrollan tres de los tipos de bad-lands tipificados en la prov. de Almería.

Un aspecto de gran relevancia para la erosión es la distribución de las lluvias entre estaciones y entre años. El análisis de los registros anuales de precipitación muestra como en un año extremadamente seco, como 1961, dos tercios de la superficie de la provincia reciben menos de 200 mm de lluvia, lo que revela las importantes sequías que puede sufrir la zona. Las lluvias en 24 h más espectaculares se producen en las estaciones equinocciales, especialmente en la cuenca del río Almanzora, Alpujarra y altiplanicies de extremo norte. Zurgena, es un buen ejemplo de ello, ya que en 1973, se registraron 600 mm/24 h., por lo que constituye un record a nivel nacional; en el mismo período se han registrado valores superiores a 100 mm/24 h. en casi la totalidad de las estaciones.

Según el coeficiente de efectividad de las precipitaciones de Thornthwaite, que permite una aproximación a la comprensión de la aridez del territorio almeriense, este espacio no presenta un piso prehúmedo; el húmedo se restringe a Sierra Nevada y Sierra de Gádor y, el subhúmedo, queda localizado en los piedemontes de la sierras anteriormente mencionadas y en el extremo septentrional. La mayor extensión corresponde al semiárido en las cuentas altas y bajas del río Almanzora, Nacimiento y Andarax, mien-

tras que el territorio árido se extiende sobre la parte oriental y sur, tal como lo muestra la Fig. 2. En la clasificación de las estaciones climáticas según el coeficiente de aridez de Emberger, la estación del Correcillo está, sin embargo, clasificado como prehúmedo.

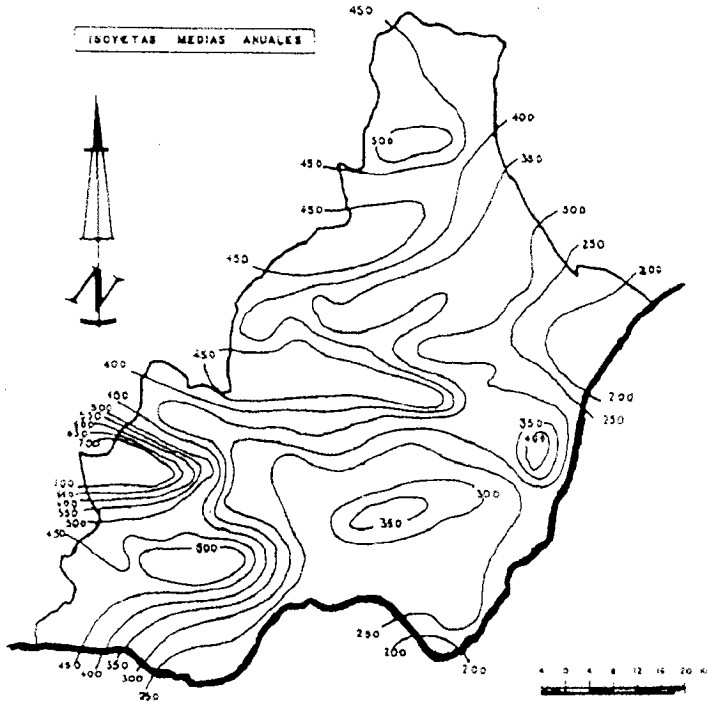


FIG. 3.- Las líneas isoyetas de la provincia de Almería.

La evolución geomorfológica

Éste ha resultado ser un factor decisivo en el desarrollo de los badlands, ya que, **en el ámbito de una determinada zona climática y unos tipos de litologías adecuados**, es el encajamiento de la red de drenaje lo que controla el origen y desarrollo de tal morfología.

Tal encajamiento genera una fuerte pendiente en las laderas, lo cual es un rasgo definitorio de lo que sería una etapa juvenil de un ciclo erosivo. Tal inestabilidad lleva implícitos dos cosas:

- Intenso valor de la arroyada superficial y subcutánea.
- Existencia de deslizamientos gravitatorios, con más frecuencia del tipo de «pie de talud».

Tipificación de los Badlands

En el contexto anteriormente definido, se desarrolla una morfología en Cárcavas o Badlands que alcanza al 15% de la superficie provincial.

En función de la forma, génesis y dimensiones, se pueden diferenciar cinco tipos, a los que denominamos Bd 1, -2, -3, -4 y -5. (fig. 4).

Cada grupo constituye un paisaje singular diferente de los demás, con variaciones más o menos importantes dentro de un mismo grupo. El hecho de que cada grupo corresponda a una litología, indica claramente la influencia que ésta puede ejercer sobre el desarrollo del modelado una vez que los factores favorables a sus génesis estén presentes.

Así, cada grupo corresponde a un tipo de laderas con pendientes y longitudes específicas. Los otros dos criterios de clasificación son la forma (relación longitud-anchura) y las dimensiones del área ocupada en proyección sobre un plano horizontal.

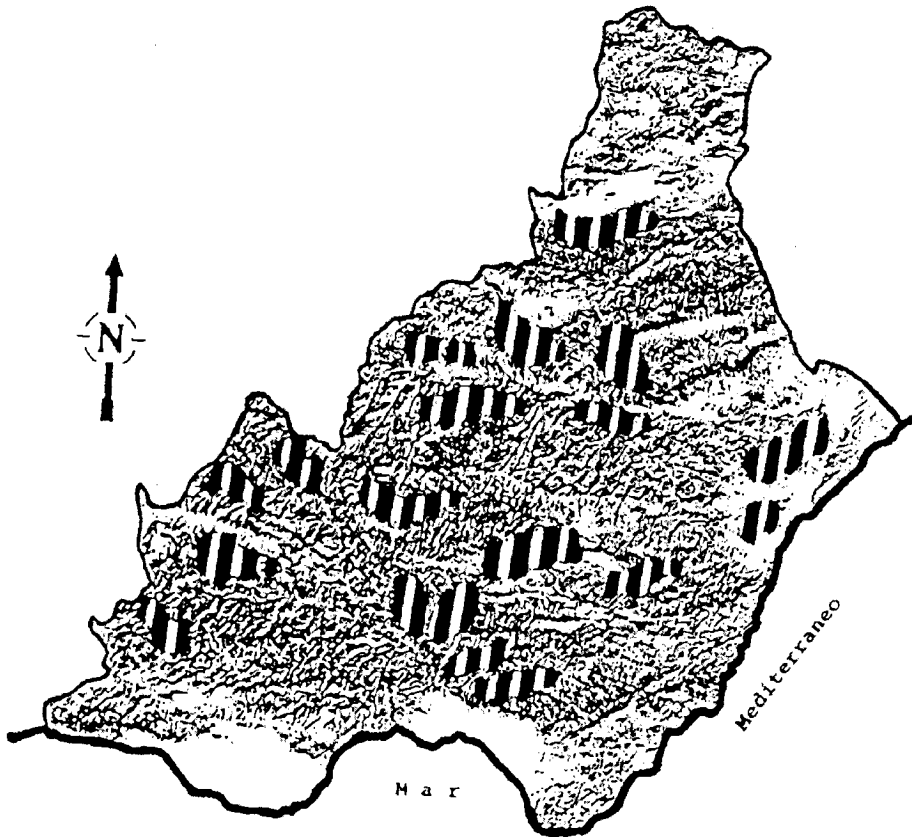


FIG. 4.- Áreas ocupadas por Badlands en la prov. de Almería.

Badlands de Tipo 1:

Indudablemente son los más característicos, ya que son más frecuentes y de mayor extensión. Corresponden a margas neógenas del Mesiniense y Plioceno. Los badlands de este tipo se podrían, a su vez, dividir en badlands totales, parciales o lineales (Harvey y Calvo, 1992). La erosión resulta de una larga gama de procesos: erosión por concentración de flujos de agua en surcos y cárcavas, soliflucción, coladas de barro, caídas de bloques de los glaciares, y piping. Además del control litológico, se ha observado un control estructural, diferenciando así entre laderas donde coincide la dirección de la pendiente con el buzamiento, y laderas donde sucede lo contrario. Las laderas mantienen una pendiente media alrededor de 35°, con la existencia de algunas más abruptas, donde la inestabilidad es evidente por las frecuentes cicatrices producidas por pequeños deslizamientos.

Badlands de tipo 2:

Corresponde a los materiales metamórficos del Triásico (filitas y esquistos), y aparecen, como los demás tipos, como consecuencia del encajamiento de la red hidrográfica. Se ubican generalmente en zonas de montaña y resaltan por la creación de manchas donde aflora el sustrato en medio de los bosques de pino. Las microcuencas a las que dan lugar tienen forma de abanicos cerrados y alargados de unos 65 metros de arco con unas laderas bastante abruptas y una pendiente media de 60°. Es frecuente la asociación de deslizamientos gravitatorios a estos badlands como se puede ver en el barranco de los Horcajados a 1000 m de altitud al E. de Serón (cuenca del río Almanzora).

Badlands de tipo 3:

Los materiales del cuaternario generan por encajamiento de la red unos badlands que se pueden clasificar como «linear gully» y el modelado no es tan impactante como en los tipos 1 y 2. Su evolución se hace por desprendimientos de bloques, por hundimientos en el frente de erosión y por sofusión; la entrada de las galerías puede ser bastante distante del frente de erosión con salida en las laderas de los cauces. Los barrancos muy abruptos del orden de 80 a 90° están generalmente separados por pequeñas llanuras ocupadas por campos abandonados.

Badlands de Tipo 4:

Hasta ahora no han sido citados en la bibliografía; se han localizado y definido en áreas de poca extensión (inferior a 1 km) en el Cerro Pelado (extremo noroeste de la cuenca de la rambla de Albox (Sierra de las Estancias)), en algunos puntos de los Filabres y en la Sierra de Cabrera. Los badlands del Cerro Pelado se desarrollan sobre esquistos negros y compactos y se originan por la erosión del suelo de alteración y la incisión rectilínea y casi vertical de los arroyos. Parece que el abarrancamiento se ha iniciado hace solamente 20 años, y afecta de manera masiva a la cubierta vegetal arbórea, cuyos troncos abatidos aparecen esparcidos por doquier. No puede por tanto achacarse el abarrancamiento, por lo menos en este caso, a la deforestación, sino justamente que la pérdida del bosque es consecuencia del avance de la erosión.

Badlands tipo 5:

Los conglomerados del Mioceno de base (conglomerados rojos y grises) ofrecen un modelado distinto de los cuatro grupos mencionados, y pueden constituir un quinto grupo que no está bien definido aún y que queda por sistematizar.

Algunas consideraciones sobre la génesis de los Badlands.

El análisis comparativo de las cartografías geomorfológicas en las diferentes áreas de badlands, muestra, sin la menor duda, que es el conjunto **clima-litología-encajamiento de la red** lo que propicia el desencadenamiento de la morfología de badlands; de hecho el encajamiento de la red hidrográfica es la clave del problema, en tanto que el clima y la litología influyen en su tipología.

La atribución del desarrollo de este modelado a la acción antrópica no es ciertamente razonable en muchos casos, visto que se desarrolla tanto en zonas sometidas a la acción del hombre como en otras totalmente naturales. El abandono de muchos campos de cultivo reactiva la badlandarización, precisamente porque la había frenado con anterioridad. No es, por tanto, la causa, sino justamente al contrario. Ello implica, pues, la necesidad de estudiar conjuntamente el sistema paisajístico formando por:

- Fondo del valle.
- Campos de cultivo.
- Laderas de badlands.
- Superficies limitantes, interfluvios, glacis, en el caso que los hubiera.

El análisis morfométrico de las laderas muestra un hecho que es sorprendente en principio: la constancia de las pendientes de las laderas de badlands, con independencia del estado evolutivo de los mismos. Es decir que tales laderas evolucionan paralelamente a sí mismas, sin que disminuyan las pendientes al progresar el proceso erosivo, o sea el grado de madurez (en el sentido de Davis). Son laderas de tipo Richter (Scheidegger, 1961), cuyo desarrollo está regido por la ley de Bakker-Leheux (1952). Esto implica que las laderas mantienen el equilibrio (dinámico, obviamente) siempre que no se acumulen los derrubios en su pie o siempre que no se produzca una erosión de éste superior al flujo de sedimentos que el mismo recibe. Obsérvese que la ruptura del equilibrio bajo condiciones constantes de clima y cobertura vegetal sólo se consigue actuando en el pie de la ladera. Es precisamente en el pie de las laderas de badlands donde inciden los dos agentes morfogenéticos de mayor entidad.

Por una parte, cuando los fondos de las ramblas se estabilizan artificialmente mediante boqueras, pedreras, bancales o diques, se dificulta el arrastre de los derrubios arrastrados por la erosión en los badlands, y se produce el citado desequilibrio positivo o agradación, como consecuencia del cual se frena la erosión, aumenta el espesor de regolitos y se extiende la cubierta vegetal. Por otra parte cuando se abandonan tales obras artificiales o se produce un rápido encajamiento de la red de drenaje, la erosión en la base de los badlands es mayor que el flujo de derrubios aportados por la ladera, produciéndose el desequilibrio negativo o degradación.

TRASCENDENCIAS MEDIOAMBIENTALES

Las transcendencias medioambientales de los badlands se podrían resumir en los puntos siguientes:

- Erosión: afectando a suelos y vegetación.
- Rellenos: produciendo anegamiento o salinización.
- Inestabilidad de laderas.
- Fragilidad y vulnerabilidad frente a lluvias torrenciales.
- Pérdida de terrenos cultivables.
- Impacto sobre el paisaje.

Es solamente cuando se tienen en cuenta estas consecuencias medioambientales generales, y cuando se conocen con un máximo de precisión los mecanismos generadores de badlands y las consecuencias de su desarrollo para la zona afectada, cuando se puede evaluar su importancia y saber qué directrices de ordenación del territorio se tienen que poner en marcha.

Efectivamente no deberían de considerarse de la misma manera dos badlands generados por causas diferentes y/o en condiciones ambientales diferentes. Un badland desarrollado en una zona de poco interés económico y agrícola no va a tener la misma importancia que un badland que está haciendo perder ricos terrenos de cultivo, de praderas o de bosque.

Así es como en los mapas de riesgos naturales se podrían considerar los conceptos de peligrosidad, vulnerabilidad... Las cartografías de este tipo nos permiten no solamente saber que daño produce la presencia de los badlands sino que también permiten saber que zonas son favorables al desarrollo de estos modelados en las condiciones naturales actuales y posiblemente para un tipo de ordenación del territorio.

En lo que se refiere a la pregunta hecha al principio de que si los badlands son un resultado de mal uso del suelo, la respuesta es que solamente para algunos casos, ya que se observan zonas de badlands en puntos no sometidos a ninguna presión humana, ni por ganadería ni por tala de árboles ni por cultivos. Unas precipitaciones anormales pueden modificar el equilibrio de una ladera de bosque, producir un deslizamiento y formar una cicatriz que deja el suelo desnudo y vulnerable a la incisión por las aguas de lluvia. Los arroyuelos formados se juntan y forman cárcavas que, a su vez, se profundizan y buscan un camino para llegar a relacionarse con la red hidrográfica; así los badlands se forman por causa de un deslizamiento y encajamiento de la red.

BIBLIOGRAFÍA

- EXCMA. DIPUTACIÓN DE ALMERÍA (1984).- «Atlas geográfico Provincial comentado de Almería». I.S.B.N. 84-85622-75-8, 134 pág.
- BAKKER, J.P. y LEHEUX, J.W.N. (1952).- «Proc. Koninkl. Akad. Wetenshap. Amsterdam B55, 399, 554.

- BERRAD, F.; GARCÍA-ROSSELL, L. y MARTÍN VALLEJO, M. (1994a).- «Les propriétés géomécaniques, un facteur de contrôle de l'érosion: cas d'une zone aride du sud-est espagnol». *7ème Congr. Assoc. Inter. Geol. Ingen.*
- BERRAD, F.; GARCÍA-ROSSELL, L. y MARTÍN VALLEJO, M. (1994b): «¿Sólo control litológico y climático en la génesis y evolución de los badlands?». En «*Geomorfología en España*». Arnáez; García-Ruiz y Gómez Villar, Edrs, *Soc. Esp. de Geomorf. Logroño*.
- BRYAN, R. y YAIR, A. (1984): «Perspectives on studies of badland geomorphology». En: «Badland geomorphology and piping». *Geobooks (Geo abstracts Ltd), Bryan, R. y Yair, A. eds, 1-12*.
- CARSON MA. y KIRKBY, M.J. (1979).- «Hillslope forme and process». *Cambridge Univ. press*
- FAIRBRIDGE, R.W. y SCHEIDEGGER, A. (1968).- «Badlands». En: *The encyclopedia of geomorphology*. Fairbridge, ed. p. 43-48.
- HARVEY, A.M.; CALVO, A. (1992).- «Distribution of badlands en southeast Spain: implication of climatic change». *Land scape Ecol. impact clim. chang. p. 1-20, 6 fig.*
- HODGES, W.K. y BRYAN, R.B. (1982).- «The influence of material behaviour on runoff initiation on the Dinosaur badlands, Canadá». En *Badland geomorphology an piping*. *Geobooks (Geo abstracts Ltd), Bryan, A. y Yair, A. eds, 13-46*.
- JONES, A. (1971): «Soil piping and stream channel initiation». *Water Res. Res., 7,602-610*
- KNAPP, B.J. (1970).- «A note on throughflow and overlandflow in steep mountain watersheds atersheds». *Reading Geographer, 1, 40-43*.
- LEOPOLD, L.B., EMMETT, W.W. y MYRICK, R.M. (1966): «Channel and hillslope processes in a semi-arid area». *U.S. Geol. Surv. Prof. Papers, 353-G, 193-253*.
- ORTIZ SILLA, R. (1983).- «Influencia de la litología en los fenómenos de erosión de suelos en la región murciana». *Anales de la Universidad de Murcia. Vol. XLI - nº 1-4 pp. 199-208*.
- SAVAT, J. y DE PLOEY, J. (1982).- «Sheetwash and rill development by surface flow». En «*Badland geomorfphology and piping*», *Geobooks (Geo Abstracts Ltd), Bryan, R. y Yair, A. eds. 113-126*.
- SCHEIDEGGER, A. (1961).- «Theoretical geomorphology». *Ed. Springer-Verlag, 333 p.*
- THORNES, J.B. (1980).- «Procesos erosivos de las corrientes de agua y sus controles espaciales y temporales: un punto de vista teórico». En *Erosión de suelos* (Kirkby, M.J. & Morgan, R.C., Eds.), *Limusa, México, 165-213*.