

COMPARACION DE DISTINTOS ESTIMADORES DEL RIESGO DE EROSION (FACTOR A DE LA U.S.L.E Y ECUACION DE REGRESION MULTIPLE). CUENCA DEL RIO ALCAUCIN.

MARIA JESUS PERLES ROSELLO

RESUMEN

El artículo recoge los resultados de una valoración comparativa de la capacidad de dos estimadores del riesgo de erosión para predecir el estado de erosión (factor A de la U.S.L.E. y ecuación de regresión múltiple elaborada por nosotros). Se adjunta una descripción del proceso de elaboración de estos estimadores, así como la cartografía obtenida de su aplicación para la cuenca del río Alcaucín.

ABSTRACT

We compare two different parameters to estimate erosion risk: A factor (U.S.L.E.) and multiple regression equation. We show the elaboration steps and maps results for the Alcaucín river basin.

1. LA ESTIMACION DEL RIESGO DE EROSION.

Uno de los principales retos de la investigación sobre erosión ha sido tradicionalmente, y lo sigue siendo en la actualidad, el de estimar el riesgo de erosión que presenta una zona en razón de sus características físicas, de tal modo que, conociendo estas características, podamos predecir la intensidad del estado de erosión para una zona concreta, y así ser capaces de prevenir y planificar las actuaciones preventivas o correctoras en la misma.

El hito en las aportaciones de la investigación en esta línea lo ha constituido la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wishmeyer y Smith, 1958 y 1965), ecuación paramétrica compuesta por cinco factores, considerada por la solidez de la base experimental y estadística sobre la que se apoya, y por la relativa amplitud de la muestra, un estimador fiable y aplicable en un número elevado de tipos diferentes de paisajes.

Sin embargo, en el periodo de investigación subsecuente a la formulación de la Ecuación Universal, han sido muchas las puntualizaciones y correcciones que se han propuesto en un intento de ajustar la ecuación a las circunstancias particulares de geosistemas con pautas de comportamiento muy distintas a aquellas para las que la USLE había sido concebida, especialmente en lo referente al factor R, así como, en menor medida, al K y L.S. Como recoge Djorovic (1991), dos de las razones fundamentales que mueven en la actualidad al propio Servicio de Investigación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, así como de otras universidades, son las siguientes: «Una de las razones es incorporar los datos de investigaciones recientes, y otra es mejorar la aplicabilidad de la U.S.L.E. a condiciones diferentes a las empleadas para deducirla».

En síntesis, podríamos resumir que, en la actualidad, la Ecuación Universal conserva la solidez de su planteamiento general, pero está necesitada de una calibración que la ajuste, en nuestro caso más cercano, a las particularidades del ámbito mediterráneo, aunque, en cualquier caso, su aplicación, si bien no garantiza el que los resultados de Tm/ha/año sean certeros, posee siempre un valor de diferenciación que resulta útil para establecer grados y compararlos.

La propia Ecuación Universal fundamenta su esquema en un modelo de regresión múltiple. Estos modelos establecen el nivel de relación entre una variable dependiente y otras independientes que nosotros entenderemos como responsables de la dependiente, de modo que, conociendo y estableciendo la relación de proporción existente entre estas últimas variables, podremos predecir el comportamiento de la dependiente en otro ámbito distinto al analizado.

Este tipo de modelo estadístico denominado de «caja negra» o «black box» constituyen un instrumento muy utilizado en el campo de las ciencias naturales, y su aplicación en el campo de la geografía física ha sido implementada por las posibilidades para el manejo de un alto número de casos y variables posibilitados por los Sistemas de Información Geográfica y sus técnicas de superposición espacial.

Utilizando este modelo estadístico, obtuvimos el segundo de los estimadores del riesgo de erosión, con resultados evidentemente más modestos en lo que se refiere a capacidad de extrapolación y generalización que los ofrecidos por la Ecuación Universal, pero más cercanos, por la naturaleza y variedad de las múltiples variables independientes consideradas (ver esquema adjunto), a las pautas de funcionamiento de una geosistema que podría considerarse un buen ejemplo del entorno mediterráneo (cuena del río Alcaucín).

La intención del artículo es, partiendo de esta tarea previamente realizada y cuya descripción pormenorizada no es objeto de este trabajo, comparar el nivel de acercamiento en la predicción de los dos modelos citados, esto es, valorar su capacidad para estimar el riesgo de erosión.

Para establecer valoraciones, considerando que ambos modelos ofertan valores estimados, habremos de comparar los resultados cartográficos teóricos arrojados por cada uno de ellos con una referencia real del estado erosivo observado en la zona, esto es, con el Mapa cualitativo de estado de erosión (mapa nº 6) para la misma cuenca de estudio.

2. VARIABLES INTRODUCIDAS EN LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE:

Para la estimación del riesgo deducido de la topografía:

- porcentaje de pendiente de la ladera.
- longitud real de la ladera.
- forma del perfil de la ladera
- desnivel de la ladera
- superficie real de la ladera

Para la estimación del riesgo deducido de la erosionabilidad del suelo:

- litología
- (permeabilidad)
- textura
 - porcentaje de arcilla del suelo
 - porcentaje de limo del suelo
 - porcentaje de arena fina y muy fina del suelo
 - índice de Bouyoucos
- estructura
 - código referente a la erosionabilidad de la estructura.
 - tipo de estructura
- contenido de materia orgánica (carbono orgánico)
- ph del suelo
- pedregosidad superficial
- (grado de humedad del suelo)
 - exposición de la ladera

- agua útil para las plantas
- agua útil para las plantas ponderada según la exposición
- nº de meses de déficit hídrico del suelo
- cambios en la permeabilidad por motivo de incendio

Para la estimación del riesgo deducido de la protección vegetal:

- porcentaje de cobertura de la vegetación observado
- usos del suelo

Para la estimación del riesgo deducido de la erosividad de las lluvias:

- porcentaje de probabilidad de lluvias superiores a 75 mm. (mes de máxima probabilidad para cada estación).
- porcentaje de probabilidad de lluvias superiores a 100 mm.
- porcentaje de probabilidad de lluvias caídas tras un periodo seco.
- porcentaje de probabilidad de lluvias generadoras de un exceso sobre la recarga superior a 100 mm.

3. LA ZONA DE ESTUDIO. CUENCA DEL RIO ALCAUCIN.

La cuenca del río Alcaucín está formada por las subcuencas del propio río Alcaucín en su sentido más estricto y de los ríos Seco y Cárdenas (ver mapa nº1).

La cuenca en su conjunto está delimitada con claridad por el norte mediante la escarpada Sierra de Alhama, que forma una franja continua de grandes alturas de orientación este-oeste.

El macizo de la sierra de Tejeda conforma el límite oriental de la cuenca, separando su línea de cumbres la cuenca del Alcaucín, y en este punto, del Vélez, de la cuenca del río de los Tejos.

La línea de relieves escarpados asociada a la red de fallas que discurre desde el pico de la Maroma (2.065 m.) en dirección suroeste hacia las inmediaciones de la confluencia de los ríos Seco y Alcaucín constituye la divisoria de aguas entre los ríos Alcaucín y Bermuza, constituyendo, por tanto, el límite suroriental de la cuenca del Alcaucín.

El límite occidental de la misma con la cuenca del Río Guaro está formado por una serie de cerros de escasa altitud que se disponen al oeste de la Mesa de Zalia (Cerro de Castaños, Cerro de Ballesteros), llegando a unirse por el este de Cerro López al límite septentrional de la cuenca (Sierra de Alhama).

3.1. Las unidades de paisaje.

Utilizando criterios geomorfológicos, tectónicos, litológicos y de vegetación, pueden delimitarse tres grandes unidades de paisaje en la cuenca del Río Alcaucín, que podrán observarse, siguiendo la descripción, en los mapas nº 2, 3, 4, y 5, alusivos a las litofacies, pendientes, usos del suelo y porcentaje de cobertura de la vegetación respectivamente.

Hemos partido en nuestro análisis de las descripciones elaboradas por Justicia Segovia (1984) y Gómez Moreno (1982) para esta zona.

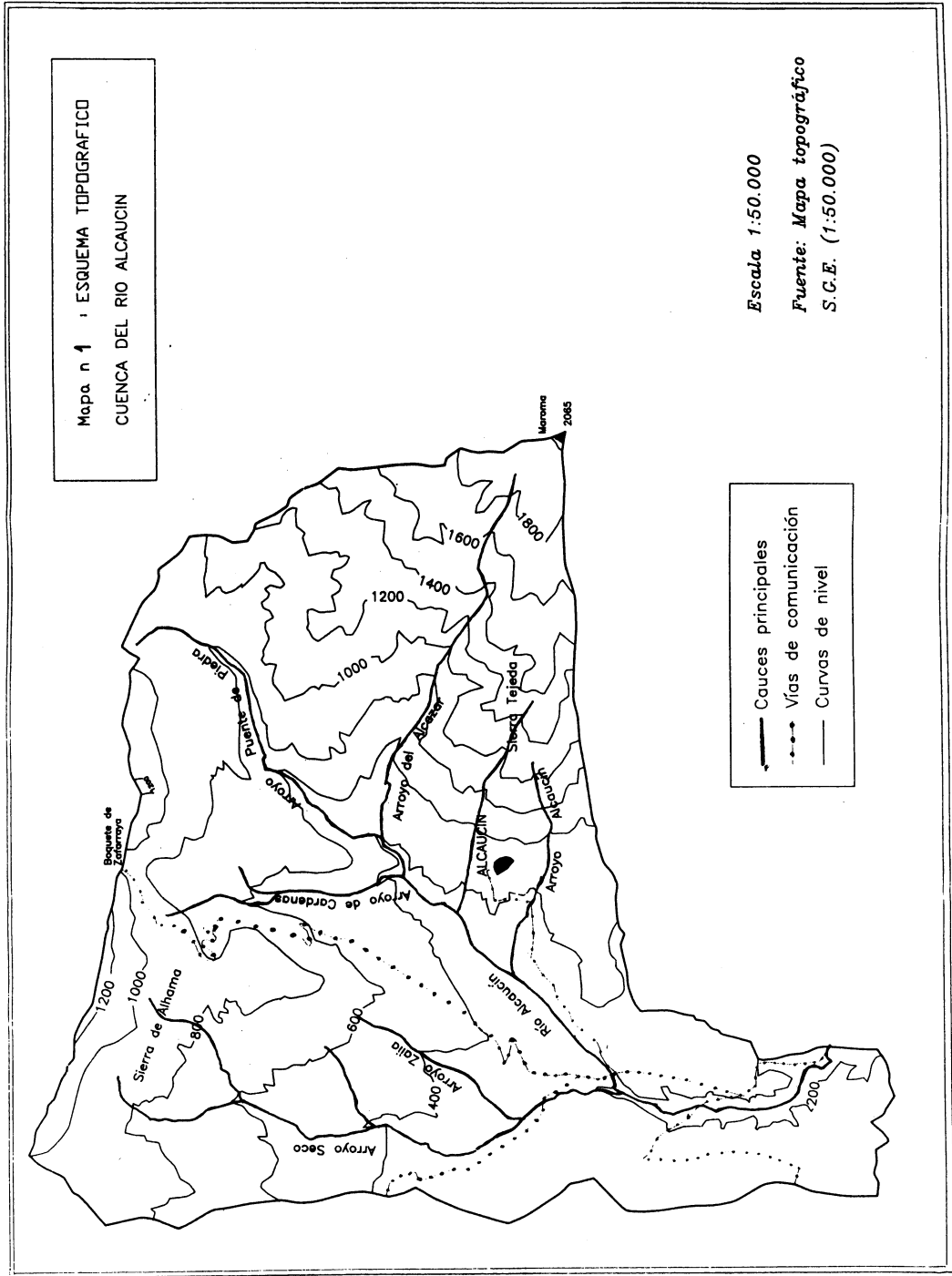
3.1.1. Unidad del Corredor Colmenar - Periana

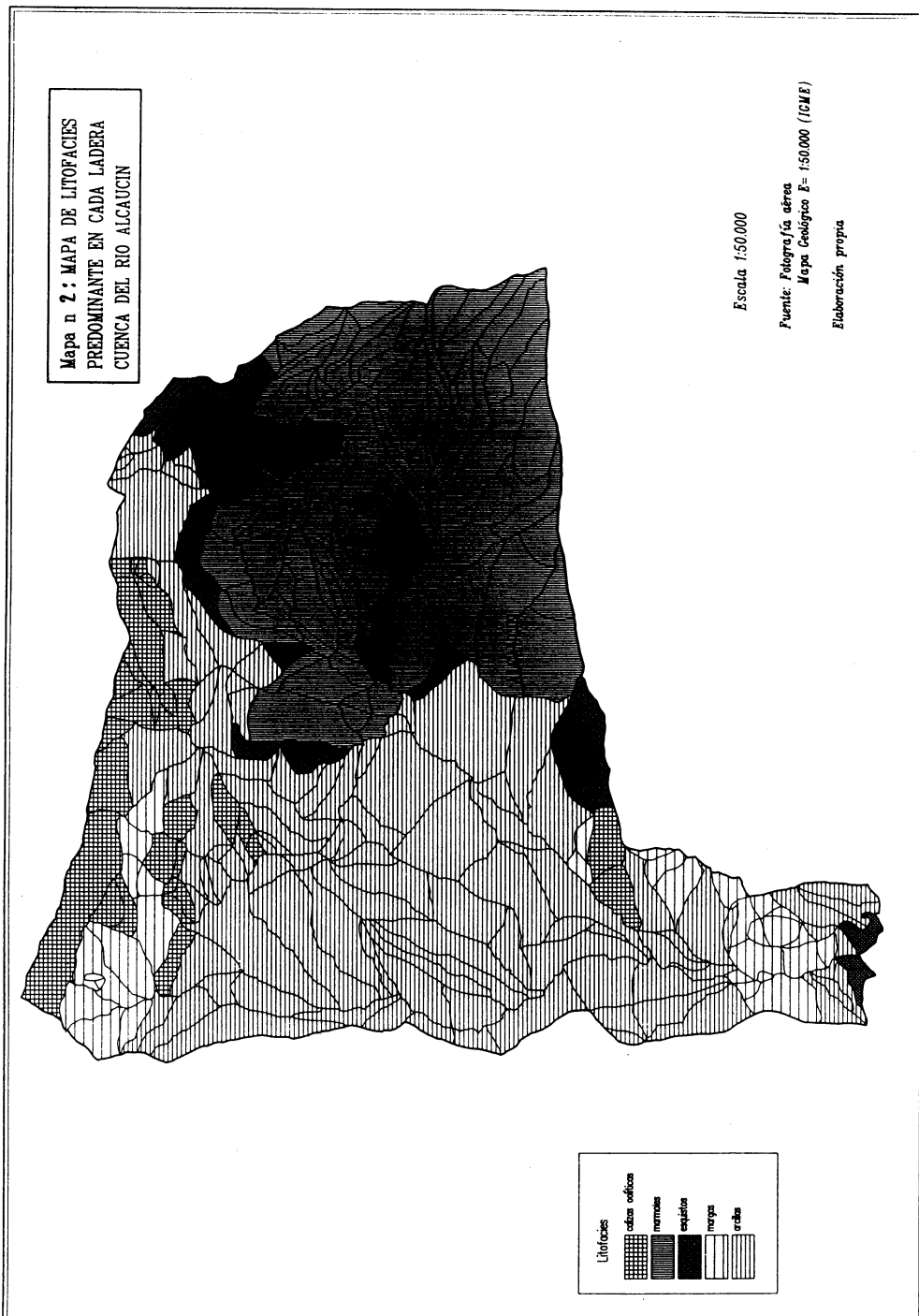
El sector de paisaje asociado a la unidad del Corredor de Colmenar-Periana presente en la cuenca del Alcaucín se extiende vastamente a través de todo el sector central y occidental de la cuenca, quedando esta unidad limitada, en líneas generales, al norte por la Sierra de Alhama, al este por el curso del Arroyo Cárdenas y más al sur por el curso del propio río Alcaucín.

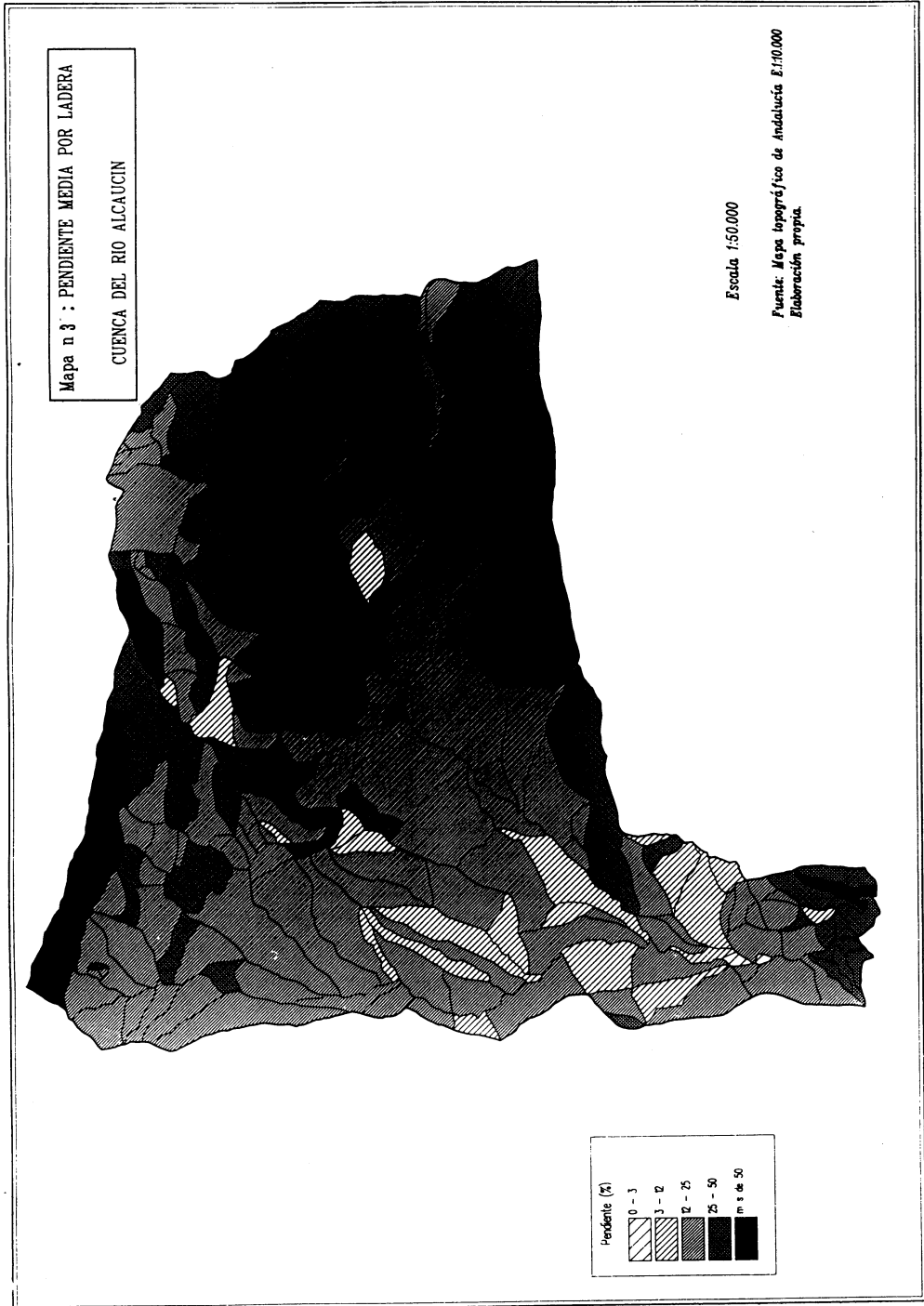
El paisaje en esta unidad se caracteriza por presentar unas pendientes moderadas y unas laderas de tamaño medio a extenso, predominando los perfiles curvados (cóncavos, convexos o combinaciones), sin que abunden los rectilíneos.

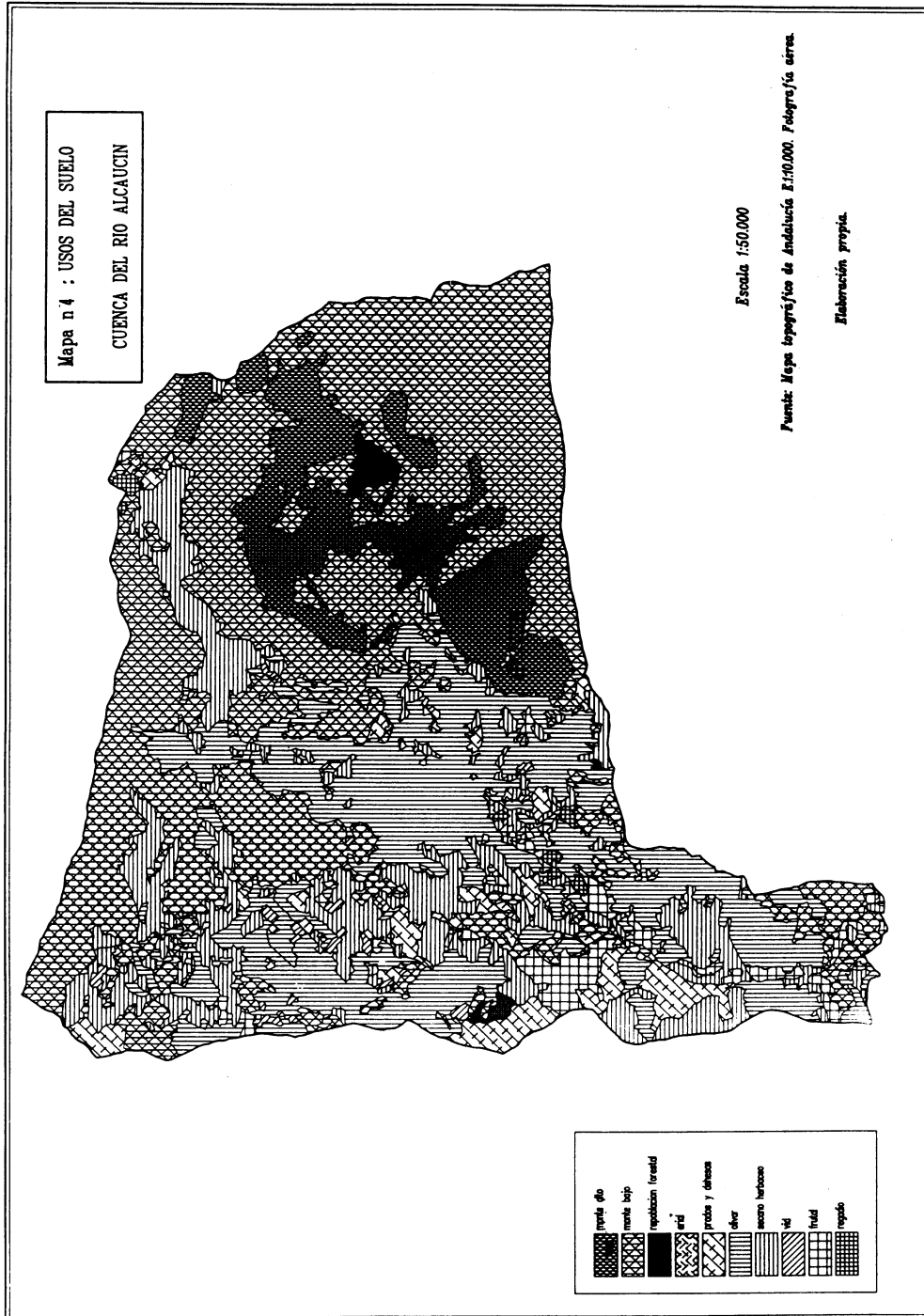
Estas características morfológicas están definidas por la litología predominante en la unidad, que presenta un dominio de litofacies blandas y deleznales. En este sector del corredor, se aprecia un predominio de los materiales arcillosos respecto a los margosos, más frecuentes en el sector más occidental del corredor.

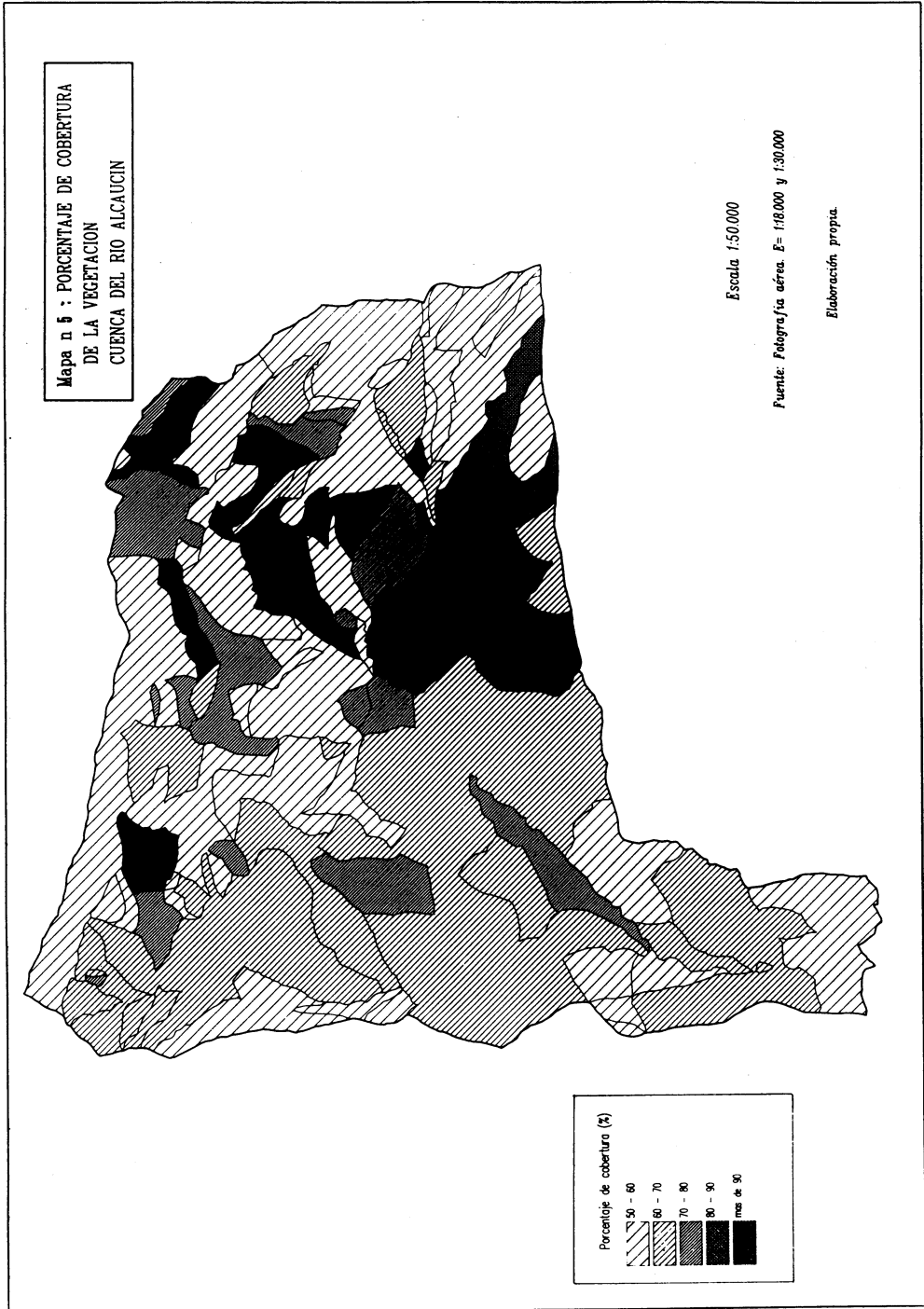
Los usos predominantes en esta unidad que por su morfología y litología resulta favorable al aprovechamiento humano son el olivar y el secano herbáceo, siendo frecuentes las extensiones de monte bajo y prados y dehesas en las zonas más escarpadas.











3.1.2. La sierra de Tejeda

La sierra de Tejeda se sitúa en el sector oriental de la zona de estudio, describiéndose como una extensión amplia y masiva de relieves abruptos de gran altitud media, que se elevan progresivamente hacia la cumbre de la Maroma (2.065 m). Las pendientes son fuertes, y predominan en su paisaje las laderas de perfil rectilíneo.

El sector del macizo serrano que se incluye en nuestra zona de estudio se asocia a unidades afines al complejo alpujárride. La sierra de Tejeda está formada fundamentalmente por mármoles de edad triásica; junto a la relativa uniformidad marmórea del macizo, se disponen pequeñas extensiones de esquistos de diversos orígenes.

El carácter agreste de la unidad de sierra Tejeda determina un uso del suelo con predominio del monte bajo y monte alto, presentando formaciones compactas de masas arbóreas.

3.1.3. La sierra de Albama

La sierra de Albama se sitúa en el límite septentrional de nuestra zona de estudio. Se dispone como una franja estrecha y definida de alineación este-oeste.

El paisaje en esta unidad está definido por la presencia de laderas de muy elevada pendiente, grandes desniveles y forma rectilínea dominante. Se trata de taludes rocosos de gran longitud que conforman un paisaje agreste.

La sierra en su conjunto pertenece al subbético ultrainterno, y la litología que la define es un complejo de calizas y dolomías de edad jurásica. Acompañan a las series calizas, pequeñas zonas de formaciones margosas, a modo de espacios reducidos y discontinuos.

El marcado carácter abrupto, junto a otras características como la rocosidad, condicionan la presencia en esta zona, como única opción, del monte bajo.

4. ELABORACION DE LOS MODELOS Y DE LA CARTOGRAFIA RESULTANTE.

Como especificábamos anteriormente, nuestra intención es comparar los resultados del cálculo del factor A de la U.S.L.E. para la cuenca del río Alcaucín, con los obtenidos para la misma cuenca según un modelo de regresión múltiple.

Con esta intención, se ha obtenido un resultado cartográfico para ambos estimadores fundamentándonos para su elaboración en las técnicas de superposición espacial posibilitadas por un Sistema de Información Geográfica. Los documentos correspondientes son el Mapa de predicción del estado de erosión (mapa nº 7) y el Mapa de factor A (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo), (mapa nº 8).

La referencia utilizada para la comparación es el Mapa cualitativo de estado de erosión (mapa nº 6), documento elaborado utilizando como fuente la fotografía aérea. Este documento muestra la intensidad de los signos de erosión lineal y laminar observados en la cuenca, habiendo sido ponderados cada uno de estos signos atendiendo a su magnitud e importancia, antes de pasar a ser unificados en un único indicativo de estado erosivo.

Comprobada la dinámica activa de estos signos en la actualidad, el documento pasa a constituir un referente del actual estado de la erosión en la cuenca en el momento actual.

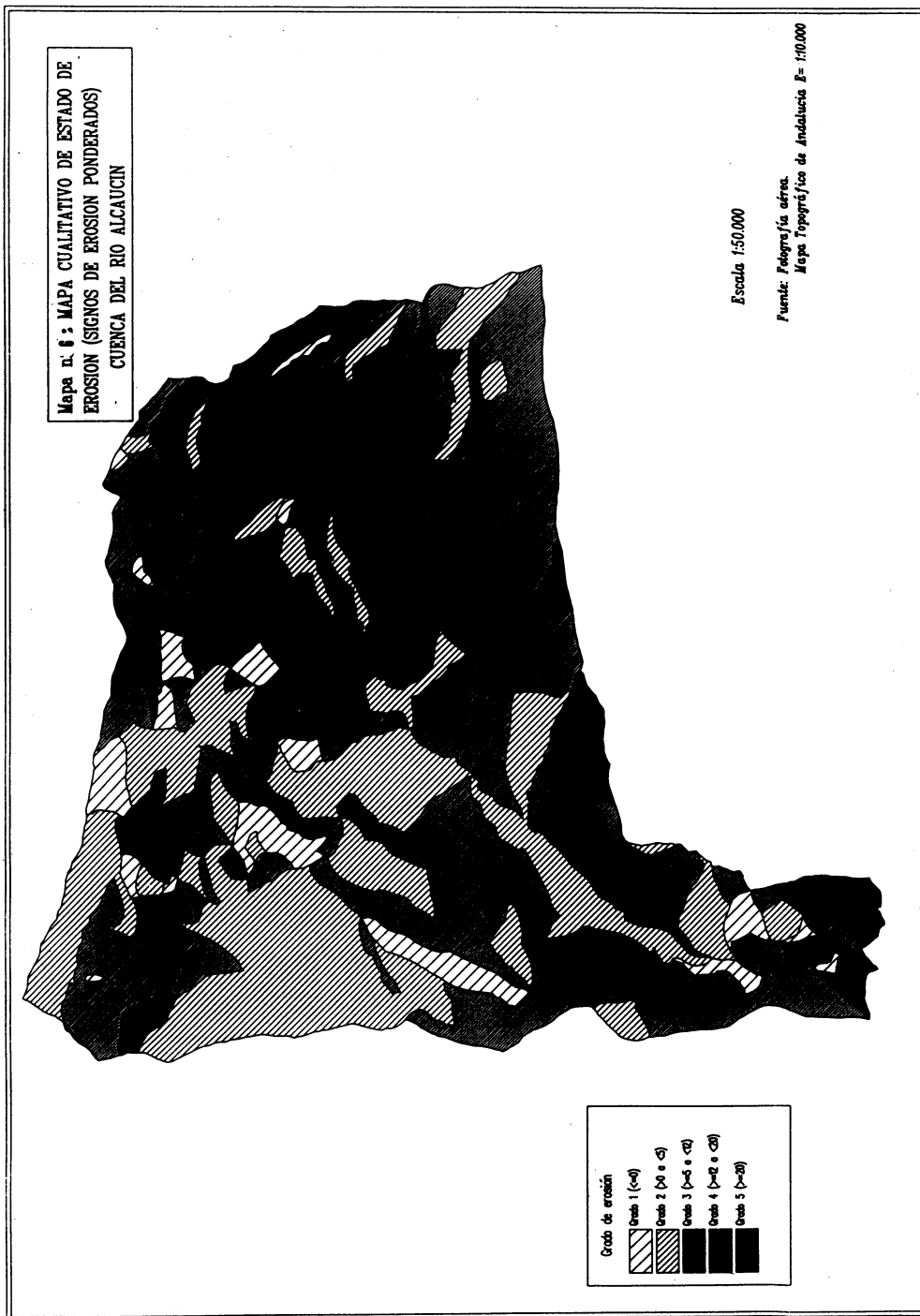
A continuación describiremos y analizaremos los citados mapas para la cuenca del río Alcaucín. Al objeto de facilitar la comparación, los tres documentos han sido representados mediante cinco intervalos de intensidad, pudiendo identificarse con los grados muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo para cada estimador.

5. EL MAPA CUALITATIVO DE ESTADO DE EROSION.

Analizando la distribución del estado erosivo en la cuenca del río Alcaucín, observamos como existe una relación, aunque no muy general, entre los distintos grados de estado erosivo con la litología, de modo que podemos diferenciar las siguientes unidades:

Los valores más altos (grado 5) de erosión se desarrollan sobre la litología esquistosa (orla que bordea por el norte a la sierra de Tejeda, localizándose algunas laderas puntuales al sur de la cuenca). Sobre esta litología coinciden también unos valores altos de pendiente y unos porcentajes de cobertura de la vegetación bajos.

La unidad marmórea de Sierra Tejeda no posee un grado homogéneo de estado erosivo, predominando el grado medio (grado 3), que se acentúa en la ladera media-alta de la sierra, generando una franja de predominio del grado 4 y 5, (alto y muy alto).



En toda la sierra encontramos pendientes que parten del grado medio para llegar al muy alto, siendo este último caso considerablemente frecuente (más del 12% hasta más del 50%).

En cuanto al porcentaje de cobertura, podemos observar la influencia de esta variable en la disparidad de grados de estado erosivo en los mármoles, coincidiendo, en líneas generales, las zonas de estado erosivo medio con porcentajes de cobertura de más del 90%. Por el contrario, los sectores de estado erosivo alto y muy alto, se asocian a porcentajes de cobertura de la vegetación mínimos (50-60%) o bajos (60-70%).

Otras zonas individuales de la cuenca que presentan valores máximos de grado de erosión y que no pueden ser identificadas con unidades son por ejemplo las que se recogen a continuación:

- Zona de margocalizas desarrollada en la vertiente este del valle del río Alcaucín, al sur del arroyo de Alcaucín, donde coinciden puntualmente una pendiente elevada (25-50%) y un mínimo porcentaje de cobertura de la vegetación (50-60%).
- Zona de idénticas características en cuanto a pendiente y cobertura de la vegetación desarrollada en el extremo sur de la cuenca y sobre litología arcillosa, junto a un pequeño sector esquistoso.
- Flanco oeste de la Mesa de Zalía, situado en la orilla oeste de arroyo Cárdenas, ladera de pendiente elevada desarrollada sobre arcillas y derrubios de ladera que presenta un mínimo porcentaje de cobertura.
- Zonas de pendiente alta asociada a los crestones calizos situados formando una orla al sur de la sierra de Alhama y al norte de la mesa de Zalía, en la cabecera del río Seco. Se trata de una zona en la que se combinan laderas de pendientes más elevadas que las circundantes, por su litología más dura, rodeadas de laderas arcillosas a sus pies, en forma de faldas, donde se concentran los signos de erosión.

En cuanto a las zonas que presentan un menor estado erosivo, hay que citar en primer lugar algunos de los puntos aislados que presentan un nivel de erosión nulo o, incluso, de predominio de la sedimentación. Este es el caso de un sector situado en la margen oeste del río Alcaucín y que flanquea su curso, en el sector sur de la cuenca.

Se trata de una zona que se sitúa en el intervalo 3-12% de pendiente (con seguridad cercana al extremo inferior del intervalo), en la que pueden observarse

signos de sedimentación. Otro ejemplo puntual es el de la superficie que conforma la corona de la mesa de Zalía.

Aparte de estos casos puntuales, los casos más significativos son las extensiones catalogadas bajo el grado 2 de estado erosivo (bajo), que podemos asociar en la cuenca a la zona de los taludes calizos, presentando en esta ocasión los materiales del corredor (en este sector predominantemente arcillosos), un grado de erosión medio (grado 3).

6. MAPA DE PREDICCIÓN DEL ESTADO DE EROSIÓN. ECUACION DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

Analizando el mapa de predicción del estado erosivo (mapa nº 7), podemos observar, como primera coincidencia, que las zonas de mayor riesgo de estado erosivo representadas en el Mapa cualitativo de estado de erosión (mapa nº 6) quedan reflejadas; éste es el caso de las zonas desarrolladas sobre esquistos (orla al norte de Sierra Tejada), y de las zonas de estados erosivos más altos de Sierra Tejada.

Observamos también una tendencia a la introducción de un mayor porcentaje de variación en los tramos medios de la predicción, y así, en general, las zonas que en el Mapa cualitativo de estado de erosión aparecen catalogadas bajo un grado 2 (bajo) de erosión, han sido predichas en un grado 3 (medio).

Por el contrario, observamos otros casos en los que, nuevamente en los tramos medios de la predicción, la discordancia se produce en el sentido contrario, mediante la predicción como zonas de bajo nivel erosivo (grado 2) de zonas categorizadas con un estado erosivo medio (grado 3).

Este es el caso de una amplia zona situada al sur de la mesa de Zalía, entre los cursos del arroyo Zalía y del Alcaucín, en los que la predicción de un bajo valor para el estado erosivo posiblemente se fundamente en la concurrencia en la zona de una baja pendiente y un alto porcentaje de cobertura vegetal entre otros factores.

Casos similares son los situados al norte del arroyo de Puente de Piedra, donde la pendiente es suave, o de las zonas de las laderas más orientales de la Sierra de Tejada, en las que el porcentaje de cobertura de la vegetación es muy elevado. Se trata así de predicciones fieles a las reglas generales de comportamiento deducidas como norma general, que sin embargo no coinciden con los valores reales de estado de erosión.



En esta línea, la predicción para las calizas es la que se muestra como más discordante, pasando a obtener un estado erosivo predicho de grado 4 (alto), cuando su valor de estado erosivo real es de grado 2 (bajo). Esto se produce como consecuencia de la aplicación de la regla general que prevé un alto riesgo de erosión para las zonas de alta pendiente y escasa cobertura vegetal.

A la inversa, el mapa de estado predicho, atribuye, en buena lógica estadística, un muy bajo riesgo de erosión a las pequeñas laderas de escasa pendiente y de terra rossa en las que, como recoge el mapa de signos de erosión reales, se concentran los escasos signos de erosión lineal existentes en las zonas calizas.

En definitiva, nos encontramos ante una predicción del estado erosivo en zonas calizas como muy alto (su valor de estado de erosión real es de bajo), hecho lógico desde el punto de vista estadístico, puesto que en estas zonas concurren numerosos factores de riesgo, pero, en el caso de las calizas, por su particular forma de erosión, no se cumple la regla general aplicable a la erosión en otras litologías.

Podemos concluir por tanto que en líneas generales existe un paralelismo en las tendencias erosivas para ambos mapas, aunque la capacidad de matización del Mapa de predicción sea poco precisa. Para los casos en los que la realidad y la predicción se muestra divergente, podemos encontrar una explicación racional que lo justifica.

7. MAPA DE FACTOR A DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO.

En un análisis paralelo al efectuado para el documento anterior, en lo que atañe a la distribución del factor A, en la cuenca del río Alcaucín podemos diferenciar las siguientes zonas:

- Con un valor de velocidad de erosión máximo (más de 300 tm/ha/año) se sitúan las altas cumbres de Sierra Tejada, así como una zona ubicada a ambos márgenes del río Alcaucín, en el tramo que discurre desde la desembocadura del Arroyo del Alcázar por el norte, y la desembocadura del Arroyo de Alcaucín por el sur. Otra zona de estas características es una franja situada a la falda de la sierra caliza de Alhama.
- Con un valor medio y alto de factor A se dispone gran parte de la citada franja en torno al río Alcaucín, un sector situado al oeste de esta franja y que llega hasta el arroyo de Zalía, así como la franja caliza de la sierra de Alhama.

- Con valores bajos y muy bajos de erosión aparecen zonas como la cabecera del arroyo Seco, al noroeste de la cuenca, el sector noroccidental y occidental de Sierra Tejeda y el área situada en el extremo sur de la cuenca.

En lo que atañe a la comparación del Mapa de factor A de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y el Mapa cualitativo de estado de erosión (mapa nº 6), observamos como el nivel de semejanza entre ambos mapas es bajo, coincidiendo levemente en la estimación de la zona de las cumbres de Sierra Tejeda como las más degradadas y, a la vez, de mayor velocidad de erosión. Sin embargo, en los valores medios del mapa cualitativo de estado de erosión, la tendencia de velocidad de erosión tiende a ser alta o muy alta.

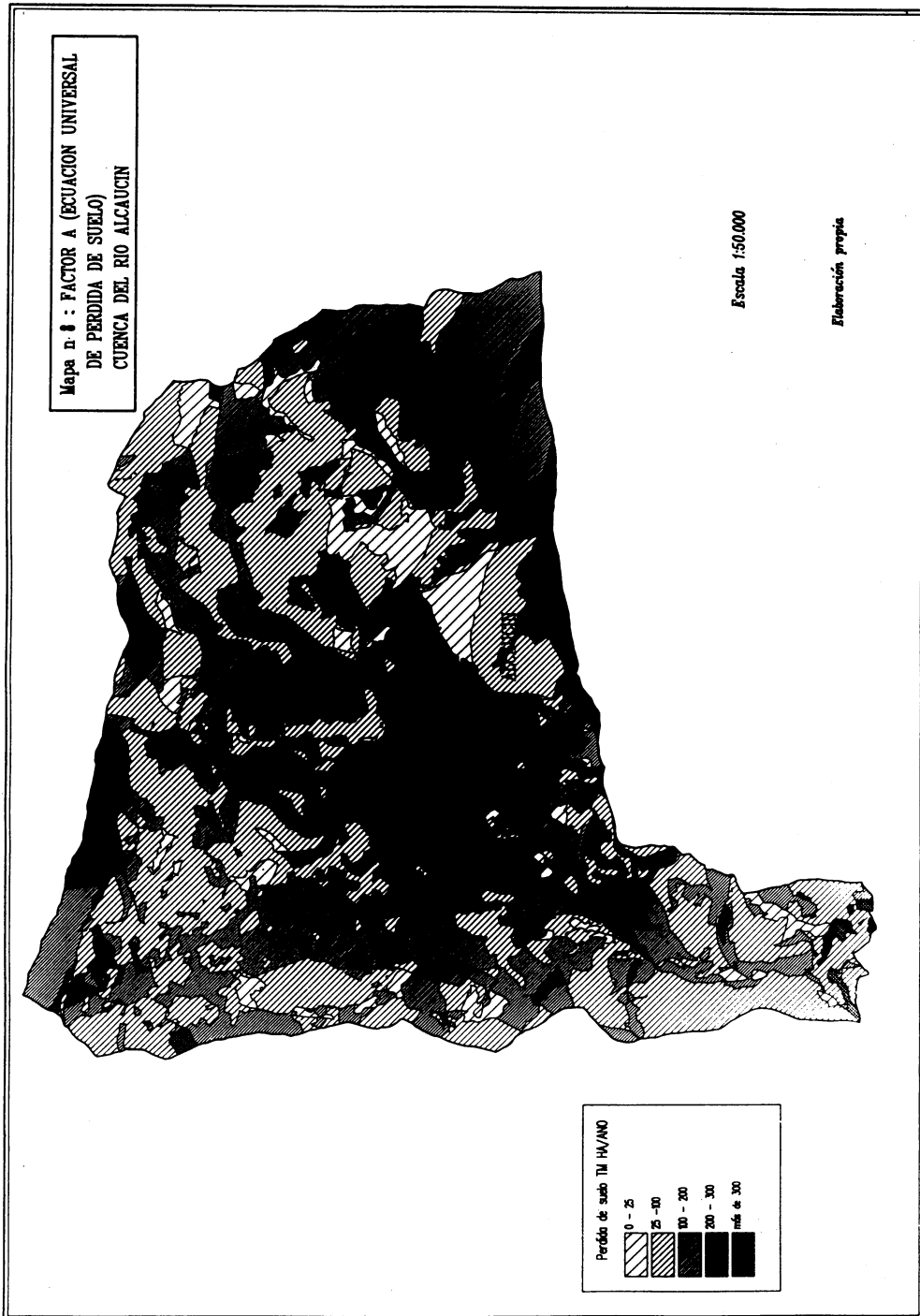
8. VALORACION COMPARATIVA DE LA CAPACIDAD COMO ESTIMADOR DEL RIESGO DEL MAPA DE FACTOR A, RESPECTO AL MAPA DE PREDICCIÓN DEL ESTADO EROSIVO.

Comparando por último el Mapa de factor A (mapa nº 8) con el Mapa de predicción del estado de erosión según la ecuación de regresión múltiple (mapa nº 7), observamos cómo, en líneas generales, el mapa de predicción es menos detallado, presentando una tendencia a la homogeneización de los valores, que lleva a que una gran parte de los valores de estado erosivo predichos se agrupen en el intervalo medio.

Ambos mapas sólo coinciden con exactitud en la estimación de las laderas occidentales de Sierra Tejeda como zonas de bajo estado erosivo (bajo riesgo, baja velocidad), pudiéndose observar cómo, como norma general, las zonas de baja velocidad erosiva según el factor A, son consideradas por el mapa de predicción del estado erosivo con un valor medio.

Si finalmente tomamos como referencia la semejanza de ambos documentos con el Mapa cualitativo de estado de erosión (mapa nº 6), considerado como realidad de la erosión en el momento actual, podemos concluir, a la luz de las comparaciones establecidas, que existe una mayor semejanza para la cuenca que nos ocupa entre el mapa de estado erosivo predicho según la ecuación de regresión múltiple y el mapa cualitativo de estado de erosión, que entre este último y el mapa de factor A.

Este hecho, sin que signifique la validación como definitivos de los resultados obtenidos por la ecuación de regresión múltiple, nos hacen reflexionar una vez más sobre las limitaciones de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, espe-



cialmente sobre su nivel de acierto o posible distorsión al ser aplicada en ámbitos mediterráneos, habiendo sido discutida ya su universalidad por múltiples autores como es el caso por ejemplo de Kirkby y Morgan (1984). Moreira (1991), en esta misma línea, reflexionando acerca de la aplicación de la Ecuación Universal en nuestras latitudes, recoge cómo los resultados obtenidos poseen únicamente un resultado empírico, ya que para su validación se requeriría una estricta calibración de los parámetros de distintos factores a las condiciones ambientales mediterráneas, mediante un extenso y riguroso trabajo de campo.

Nuestra aplicación en una zona de características ambientales en gran medida extremas (torrencialidad de las precipitaciones, elevadas pendientes y desniveles, litología deleznable, etc.), y por ello altamente representativas de las pautas de funcionamiento de la erosión en ecosistemas mediterráneos, ha puesto de manifiesto efectivamente una escasa relación de las predicciones con la realidad de la erosión, siendo como hemos visto más cercana la predicción resultante de la aplicación de un modelo específico realizado para la zona.

BIBLIOGRAFIA

- DJOROVIC, M. (1991) «Water erosion research methods». *Seminario sobre erosión y desertificación en Andalucía*. Málaga (Inédito).
- GOMEZ MORENO, M.L.(1982) *Estudio integrado del Corredor de Colmenar - Casabermeja*. Memoria de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga. Ejemplar mecanografiado.
- JUSTICIA SEGOVIA, A. (1985) *Evaluación de las estructuras y el paisaje agrarios en la Axarquía y Montes de Málaga*. Tesis Doctoral Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga. Ejemplar mecanografiado.
- KIRKBY Y MORGAN (1980) *Soil erosion* John Wiley & Sons. Chichester.
- MOREIRA MADUEÑO, J.M. (1991) *Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía*. Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- WISCHMEIER, W.H.- SMITH, D.D. (1965) «Predicting rainfall erosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains». *Agricultural Handbook*, nº 282. U.S. Department of Agriculture. Washington D.C.
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. and UHLAND, R.E. (1958) «Evaluation of factors in the soil loss equation». *Agricultural Engineering*.