

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## IMPACTO DE LAS PISTAS FORESTALES EN MEDIOS FRÁGILES MEDITERRÁNEOS. EL CASO DEL TURÓ DE BURRIACH (MARESME- BARCELONA-ESPAÑA)

Jardí, M., Cabanillas, M., Ferrando, C. y Peña-Rabadán, J.C.

Departament de Geografia Física i AGR. Facultat de Geografia i Història.  
Universitat de Barcelona

### RESUMEN

Con el presente estudio se pretende evaluar el impacto producido por la apertura de una pista forestal en la comarca del Maresme (Barcelona), concretamente en la zona del Turó de Burriach. A esta zona se le atribuye una dinámica erosiva muy baja, principalmente por el alto grado de protección del suelo. Lo que se pretende es demostrar que al dismantelar este manto protector, la dinámica aumenta considerablemente, produciéndose una rápida degradación del medio. Para ello, se hará en primer lugar, un análisis de como incide el clima sobre este medio y en segundo lugar, se evaluará el grado de degradación a través de un análisis de la erosión hídrica.

**Palabras clave:** Mediterráneo. Erosividad. Erodibilidad. Erosión hídrica

### ABSTRACT

With this paper we want to value the impact produced by the way construction in the Maresme region (Barcelona), concretely at the Burriach Hill area. In this area the erosion dynamic is very low, because of the good soil protection. In this way we pretend to demonstrate that the erosion is higher when the vegetation is dismantled, producing a fast land degradation. To get it, in a first time we will do a climate influence analysis, and in a second moment we will value the degradation level using a hidrological erosion analysis.

**Key words:** Mediterranean. Erosivity. Erodibility . Hidrological erosion

### INTRODUCCIÓN

El mundo mediterráneo es un ámbito variado y complejo, el cual aglutina una extensa gama de paisajes y ecosistemas. Quizás sean dos las características más significativas de estos ámbitos:

- En primer lugar, tenemos una dinámica climática con una alternancia de períodos secos y períodos lluviosos, los cuales pueden adquirir una gran intensidad y virulencia.

- En íntima relación a esta característica tenemos el suelo, considerado en muchas regiones de este ámbito como un bien preciado, ya que es el resultado de la interacción de todos los factores que definen el ecosistema y sobre el cual se desarrolla la vida.

El suelo se caracteriza por tener una dinámica constante desde su formación hasta llegar a un máximo desarrollo conocido como clímax de equilibrio, sobre el cual se producirán unas cantidades óptimas de biomasa. Se establecen así unas relaciones entre clima-vegetación- fauna-suelo que permitirán el mantenimiento de los ecosistemas. Si este equilibrio se rompe al modificarse uno de los factores, la dinámica natural de conservación del ecosistema desaparecerá.

Por tanto, y teniendo en cuenta un clima tan agresivo como es el mediterráneo, la desaparición de la cubierta vegetal que protege el suelo, implicará una pérdida continuada de calidad y cantidad del suelo que conducirá a una degradación edafológica, la cual, en muchas ocasiones es difícil de recuperar. Tres son los principales factores que promueven estos procesos de degradación edáfica: la erosión hídrica, la eólica y la salinización, que conducen a una degradación física, química y biológica. Ésto conllevará en algunas zonas de estos ámbitos a un proceso de desertificación.

En el presente estudio se analiza como incide un factor medioambiental tan importante como el clima sobre este proceso de degradación edafológica, los efectos que produce, y como la intervención humana será el factor determinante para impulsar e intensificar el proceso. El impacto antrópico que se va a analizar es la obertura de una pista forestal dentro de este medio mediterráneo.

En este sentido, el objetivo principal del estudio será realizar un análisis de este impacto, intentando demostrar como la apertura del camino junto con la posterior incidencia de un clima agresivo sobre un medio tan precario en su equilibrio conllevará unos importantes procesos de erosión y, por tanto, a una posterior degradación del suelo. Así pues, nuestro estudio se basará en los siguientes hechos:

- Un análisis del "input" climático como factor agresor al medio.
- Análisis de la erosión hídrica como respuesta de ese factor agresor en

base a:

- a) Un análisis cualitativo, a través de la integración de diversos mapas, para conocer el estado actual del sector.
- b) Un segundo análisis cuantitativo, fundamentalmente a partir de datos recogidos de parcelas experimentales

### ÁREA DE ESTUDIO

El sector estudiado se ubica dentro de la cuenca de Argenton, situada en la comarca del Maresme, al norte de la ciudad de Barcelona.

Litológicamente, el terreno es fundamentalmente de composición granítica, aunque se ha de tener en cuenta que esta roca, bajo la influencia de un clima templado y moderadamente lluvioso sufre una alteración química que

disgrega los feldspatos hasta deshacer la roca. El resultado de esta acción erosiva es el "sauló", arena granítica con cuarzo y biotita, la cual es muy permeable, facilita la existencia de agua freática y favorece la acción erosiva de las aguas.

El clima de la zona es mediterráneo, estando condicionado por su situación geográfica y por las unidades de relieve. Las precipitaciones se caracterizan por una gran irregularidad, presentando unos valores mínimos en verano y unos máximos principalmente en otoño. En cuanto a la humedad la presencia del mar Mediterráneo hace que el porcentaje medio anual sea elevado, situándose éste en torno del 72%. La temperatura está condicionada por las unidades de relieve resguardando a la zona de los vientos fríos, especialmente los procedentes del NE. Además el efecto que ejerce el Mediterráneo sobre la zona, atenúa las temperaturas tanto en verano como en invierno.

En cuanto a la vegetación podemos considerar al sector como parte integrante del dominio del encinar litoral mediterráneo.

## METODOLOGÍA

Tal como se ha mencionado, el objetivo es demostrar como un medio típicamente mediterráneo, que se encuentra en una dinámica de equilibrio precario con el clima, tiene unos altos índices de probabilidad de degradarse, en cuanto se produzca una variación de algún elemento que integra el sistema. La perturbación dentro del sistema es provocada por una acción antrópica, materializada en la apertura de una pista forestal con la deforestación que ello conlleva, dejando el suelo desprovisto de esa protección y sometido a las inclemencias climáticas.

La metodología para desarrollar este estudio, se centra en dos tipos de análisis, el climático y el hídrico.

### ANÁLISIS CLIMÁTICO. LAS ENTRADAS AL SISTEMA. LA EROSIVIDAD DE LAS LLUVIAS MEDITERRÁNEAS

El rasgo esencial del régimen hidrogeomorfológico mediterráneo es el carácter irregular de las precipitaciones caracterizadas por aguaceros de corta duración y alta energía, siendo este tipo de eventos los principales agentes de erosión y transporte. En primer lugar, por el impacto producido por las gotas de la lluvia, debido principalmente a su alta intensidad y en segundo lugar, por las escorrentías generadas, cuya tendencia a la concentración y encajamiento, llevan a cabo el más importante trabajo de desmantelamiento de los suelos. Por tanto, el agua es el protagonista destacado en la degradación de los suelos en el ámbito mediterráneo (LÓPEZ BERMUDEZ y ALBADALEJO 1990).

El objetivo de este apartado será relacionar las altas intensidades de las tormentas que se dan en la zona de estudio con la energía cinética con que se producen, para conocer la capacidad erosiva que tienen estos eventos. El problema principal que nos encontramos es la falta de datos, tanto

pluviográficos como información referida a la energía cinética, traducido este segundo aspecto en un desconocimiento de los diámetros y de las velocidades de las gotas de lluvia que participan de los aguaceros que caracterizan el área objeto de estudio (SEMPERE TORRES, 1993). El método a seguir, es el siguiente:

- En primer lugar, se van a calcular las curvas IDF para determinar las intensidades máximas de precipitación que se pueden dar en la zona.
- Acto seguido se determinarán las tormentas características del área para saber la entrada de energía al sistema.
- Por último se pondrá en relación la intensidad y su correspondiente tormenta con el índice de erosividad pluvial (Factor R). Con ello evaluaremos la energía total de cada tormenta y el impacto que supondrá sobre el suelo.

#### *Determinación de las curvas IDF*

Estas curvas nos informarán sobre las intensidades máximas que se pueden dar en la zona de estudio. Dada la falta de registros pluviográficos se trabajará con las máximas en 24h, las cuales relacionadas con las fórmulas empíricas que existen, permitirán obtener las mencionadas curvas.

La información base para iniciar el estudio serán los datos que se disponen de la estación de Argenton. A partir de esta información, el proceso de cálculo será el siguiente (JARDÍ et al., 1996):

1. Análisis previo de las precipitaciones máximas en 24h. registradas en la zona. Normalmente se realiza a través de la distribución de Gumbel, de la cual se extraerán las cantidades totales máximas para cada período de retorno.
2. Las cantidades totales se transforman en intensidades dividiendo por la duración de la precipitación (24 horas) para obtener el factor  $I_{24}$ .
3. Se construye una matriz con las duraciones  $t$  en las columnas y los períodos de retorno en las filas. Los índices de la matriz se obtendrán de la aplicación de la fórmula propuesta por R. HERAS (1983):

$$I_t = 92.2 * t^{-0.5} * I_{24} \quad (1)$$

donde  $I_t$  será la intensidad media de precipitación para  $t$  minutos de duración e  $I_{24}$  la intensidad media de precipitación en 24 horas de duración (en mm/min). Con ella se obtendrán las intensidades medias (mm/min) para cada  $t$  minutos de duración y para cada período de retorno. Los valores  $t$  varían entre 5 y 60 minutos a intervalos de 5 minutos y los períodos de retorno elegidos son: 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

4. Los valores correspondientes a cada período de retorno se ajustan a través del método de los mínimos cuadrados a unas curvas

decrecientes y con asíntota en el eje de las abscisas, como puede ser la hipérbola del tipo:

$$It = f / (g + t) \quad (2)$$

donde  $It$  es la intensidad media correspondiente al intervalo temporal  $t$  y los valores  $f$  y  $g$  son las constantes de la hipérbola (REDAÑO, 1989; MARTÍN VIDE, 1992).

Con estas intensidades medias calculadas se forma una nueva matriz de parecidas características a la anterior que serán las intensidades medias teóricas y por tanto, las curvas IDF.

#### *Determinación de las tormentas características de la zona*

La determinación de este tipo de eventos nos permitirá utilizarlos como entrada al sistema para el posterior cálculo de la energía cinética de los aguaceros. En el estudio anteriormente citado (JARDÍ et al., 1996), se determinaban las tormentas características para las cuencas que conforman la comarca del Maresme. El método utilizado seguía los siguientes pasos:

1. Determinar la duración de los aguaceros en relación a cada período de retorno. Se utilizaba la distribución de frecuencias para las duraciones de los eventos estudiados de la serie del Observatorio Fabra (1927-80), en la ciudad de Barcelona, trabajada por REDAÑO (1989), la cual es suficientemente larga para una caracterización climática y lo bastante próxima para utilizarla sobre el área de estudio. Las duraciones obtenidas para cada período de retorno son de: 45, 70, 100, 160, 190 y 210 minutos.
2. El paso central del diseño y construcción de los hietogramas que definen las tormentas es conocer la distribución de la precipitación a lo largo de ella. Conocida la duración, la intensidad de precipitación en el instante de tiempo considerado es leída directamente de las curvas IDF. En base a esta premisa, la construcción de los hietogramas se realiza a través del Método de la Intensidad Instantánea (CHOW, 1994), comprobado para el área del Maresme por JARDÍ y PEÑA-RABADÁN en un estudio hasta ahora todavía inédito. Este método se basa en considerar que la intensidad varía de forma continua a lo largo de la tormenta, a partir de la relación:

$$i = (f * g) / [(g + td)^2] \quad (3)$$

para:  $td = ta / r$ , para los instantes antes del pico  
 $td = tb / r$ , para los instantes después del pico

siendo  $td$  el intervalo de tiempo considerado, para el instante  $ta$  o  $tb$  sobre el que se calcula  $i$ , teniendo en cuenta el coeficiente de avance

de la tormenta  $r$ . Este coeficiente se ha estimado en 0.69 para los períodos de retorno de 2 a 5 años; 0.71 para los de 10 a 25 años; y 0.354 de 50 a 100 años. Los coeficientes  $f$  y  $g$  son los parámetros IDF para cada período de retorno considerado.

3. La altura de la precipitación en mm para cada intervalo considerado, se obtiene de la integración de la curva de intensidades (3) con respecto a la duración total de la tormenta.

*Erosividad de la lluvia. Determinación del Factor R.*

Se obtendrá para dos tipos de dinámicas:

- Un índice para cada tipo de tormenta que nos indicará el potencial erosivo de dichos aguaceros. Con ello pondremos en relación este índice con los valores obtenidos de intensidad de precipitación.
- En segundo lugar se calculará el índice medio para el conjunto de la cuenca, el cual servirá para hacernos una idea del funcionamiento general de la zona y como uno de los factores integrantes de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

Para el primer tipo se utilizará la fórmula propuesta por Wischmeier y Smith (1978), y revisada por SEMPERE TORRES (1993) la cual tiene en cuenta dos factores:

- 1.- Una energía cinética acumulada que integra las diferentes intensidades de la tormenta.
- 2.- Un segundo término que pretende recoger la influencia de la intensidad máxima registrada en 30 minutos.

Por tanto, el cálculo del factor R para un aguacero determinado se realiza en primer lugar, determinando la Energía cinética del aguacero a partir de la expresión:

$$E = 12.142 + 8.877 \text{ Log } (I) \quad (4)$$

teniéndose en cuenta en segundo lugar, la intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos, hecho que queda reflejado en la siguiente expresión:

$$R = (1/100 * I_{30}) * \{(12.142 + 8.877 \text{ Log } (I_j)) * T_j * I_j\} \quad (5)$$

donde:

- R agresividad de la lluvia en Julios \*  $\text{m}^{-2}$  \*  $\text{cm}$  \*  $\text{horas}^{-1}$
- $I_j$  intensidad de la lluvia, en mm/h
- $T_j$  duración de la lluvia, en horas
- $I_{30}$  intensidad máxima en 30 minutos

En esta formulación, se entrará la información obtenida de datos de intensidades de los hietogramas de diseño calculados, a partir de los cuales se calculará asimismo, el factor R para cada tipo de aguacero.

Para el índice medio de la cuenca, se utilizará la recta de regresión definida por ICONA (1988), que utiliza los datos de la red convencional de pluviómetros totalizadores del INM. Para nuestra zona de estudio la ecuación toma la siguiente forma:

$$R = 2.56 * (p^2/P)^{1.065} * 1.66 \quad (6)$$

siendo:

p    precipitación del mes más lluvioso del año  
P    total de precipitación anual

Este índice medio está calculado para la comarca del Maresme por JARDÍ y PEÑA-RABADÁN (1995).

#### ANÁLISIS DE LA EROSIÓN HÍDRICA

Dado que la construcción de la pista supone la deforestación y, por tanto, una pérdida de cobertura vegetal, con este análisis se pretende evaluar con que intensidad agredirá el clima sobre ese suelo, y que efectos puede llegar a ocasionar. Para ello, se tendrán en cuenta dos aspectos cuyo método se describen a continuación.

##### *Análisis cualitativo*

Pretende ser una herramienta de apoyo para poseer información en detalle del estado actual de la cuenca. Se utilizará la metodología propuesta por J.A. CARRERA MORALES et al. (1990), basada en la integración de diferentes mapas temáticos obteniendo finalmente un mapa de estados erosivos de la zona.

La información resultante es puramente cualitativa y resulta de la superposición de una cartografía primaria (mapa de usos de suelo, de cubierta vegetal, de pendientes y litofacies), cuyo resultado nos dará una secundaria, mapa de niveles de protección (de la integración del de usos de suelo y cubierta vegetal) y mapa de erodibilidad (superposición del de pendientes y litofacies). De la integración de ambos mapas resultará el mapa de estados erosivos. Toda esta serie de superposiciones se realiza a través de tablas de contingencia que están descritas en la referida publicación.

##### *3.2.2. Análisis cuantitativo*

Para ello nos basaremos en dos tipos de análisis:

1. El primer tipo analizará e interpretará los datos experimentales obtenidos en la zona a partir de canales Gerlach.

2. Se confrontarán estos datos mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE).

#### Análisis de los datos experimentales

En una zona adyacente a la que es objeto de estudio la presente comunicación, se tienen instaladas desde finales de 1991, siete parcelas de tipo Gerlach sobre diferentes tipos de recubrimiento de suelo para ver la dinámica hidrogeomorfológica de éstas. Se instalaron dentro del marco del Proyecto Lucdeme para analizar los diversos efectos que tiene la arroyada en superficie sobre la cantidad de pérdida de sedimento y la escorrentía generada (JARDÍ et al., 1993).

Estas parcelas se caracterizan por ser cerradas (dado que nos movemos en un terreno bastante abrupto), de 8 m<sup>2</sup> de superficie y delimitadas por unas planchas de hierro galvanizado. Para obtener registros de entrada de energía (precipitación) se instaló un pluviómetro totalizador en cada una de las parcelas. Para las salidas (sedimento y escorrentía), se instaló un colector para recoger el sedimento generado. En uno de sus extremos hay una salida por la cual se recoge el total de escorrentía generada.

Los datos obtenidos son utilizados para observar la dinámica existente sobre distintos grados de protección del suelo producida por la arroyada en superficie. Esto se pondrá en relación con el objetivo de la presente comunicación.

#### Análisis empírico: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

Este análisis se realiza como información de apoyo a la extraída de las parcelas experimentales.

El método utilizado sigue las directrices de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) desarrollada por Wischemeier y Smith para los países anglosajones, la cual ha sido adaptada y ampliamente debatida para su aplicación en ámbitos de características mediterráneas. Esta ecuación nos determina el índice de pérdida de suelo por unidad de superficie (índice A en toneladas por Ha y año) por erosión laminar y en regueros, teniendo la siguiente forma:

$$A = R * K * S * L * C * P \quad (7)$$

Dicha fórmula está ya ampliamente estudiada y debatida por lo que no se entrará en más detalles. Sólo decir que proponemos la metodología desarrollada por ICONA (1992), en la que se diseñaron una serie de niveles de generalización de los diversos factores que componen la ecuación. Estos niveles de generalización se basan en disponer previamente de información referente a usos del suelo, cobertura, pendientes, erodibilidad, litofacies y protección del suelo.

## RESULTADOS

El Cuadro 1 refleja el resultado final del análisis de las precipitaciones realizado. Nos revela efectivamente, que nos encontramos ante unos eventos agresivos. Las curvas IDF muestran unas intensidades altas, las cuales pueden llegar a alcanzar valores de hasta 5.18 mm/min en 5 minutos y con un período de retorno de 100 años, pero que para uno de 2 años esta intensidad, con la misma duración, alcanza los 1.98 mm/min, la cual tampoco es nada despreciable. Esto, por tanto, se traduce en unas tormentas que pueden alcanzar una gran virulencia, pudiendo llegar a descargar en poco más de tres horas hasta 114 mm de precipitación y con intensidades instantáneas que se situarían en orden a los 6 mm/min. Si nos situamos con el aguacero de período de retorno de dos años vemos igualmente que no se tratan de eventos despreciables, ya que en unos 45 minutos darían una precipitación total del orden de los 35 mm e intensidades puntuales de unos 2.5 mm/min.

El análisis de los diferentes índices de erosividad pluvial (factor R), no hace más que apoyar lo dicho. La energía generada por estos aguaceros es elevada, variando entre los 57.71 J.cm/m<sup>2</sup>.hora, para un aguacero con período de retorno de dos años y los 535.47 para una tormenta de 100 años. Con todo esto, no es de extrañar que el índice de erosividad pluvial medio para la zona estudiada sea elevado, el cual situándose alrededor de los 300 J.cm/m<sup>2</sup>.hora.

Por tanto, tenemos tormentas caracterizadas por altas intensidades y elevados índices tanto de energía cinética como de erosividad pluvial, las cuales pueden ser devastadoras al generando un desmantelamiento del suelo si a éste se le despoja de su cubierta vegetal protectora.

A continuación se presentan los mapas de erodibilidad, de niveles de protección y estados erosivos del conjunto de la cuenca (Mapa 1) El primer mapa nos da una idea del potencial erosivo que tiene la cuenca, el cual es elevado en toda ella (sustrato blando + altas pendientes) por lo que el papel de la vegetación es destacado en toda ella al proteger al suelo del agente agresor externo.

El mapa de erodibilidad nos muestra como la pista se ha abierto dentro de unos niveles de riesgo erosivo elevado, por lo que el potencial es máximo. Antes de la apertura, el nivel de protección era alto o muy alto, por lo que había un equilibrio dentro del sistema. Una vez producida la acción antrópica, desprotegido el suelo, todo el potencial erosivo de la zona entra en acción, al quedar sometido a la acción directa de las precipitaciones torrenciales. Así pues se constata que la agresividad de este clima junto a la fragilidad de este medio, acentuará el riesgo erosivo y promoverá una ruptura en la dinámica natural del medio.

De este análisis cualitativo tenemos la primera constatación de que esta actuación antrópica ha producido un impacto de efectos negativos en la dinámica natural del medio.

La segunda constatación nos la dará el análisis de los datos experimentales (Cuadro 2). Se ha dicho que se disponen datos de siete

parcelas, si bien en estos momentos sólo funcionan seis de ellos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Argentona I (ARG I), la cual se tuvo que desmontar al año de funcionamiento por agotamiento de la misma. Se instaló sobre una pendiente del 51%, orientación NW/SE y un recubrimiento del suelo del 6%. Al cabo del año, la pérdida del suelo fue de 91.99 gr/m<sup>2</sup> con un total de precipitación registrada de 785 mm. La escorrentía generada fue del orden de los 25 l/m<sup>2</sup>. Los resultados muestran los altos índices de pérdida de suelo en relación claro está a la elevada pendiente y un recubrimiento del suelo casi nulo.
- Conjunto de parcelas Argentona II (ARG II). Se instalaron tres parcelas:
  - 1.- ARG II-A: tiene una pendiente del 37.5%, una orientación W/E y un recubrimiento del suelo del 28%. Se disponen datos de 1992 a 1995.
  - 2.- ARG II-B: con una pendiente del 39%, orientación W/E y recubrimiento del suelo del 26%. Datos disponibles de 1993 a 1995.
  - 3.- ARG II-C: instalada sobre una pendiente del 30%, orientación W/E y un recubrimiento vegetal del 70%. Se tienen datos desde 1993.Como es lógico, los resultados obtenidos varían según las parcelas. Al tener pendientes menores y recubrimiento del suelo superior a la parcela ARG I los resultados serán inferiores. Aún así, en las dos primeras siguen siendo elevados al tener un recubrimiento vegetal bajo. Frente a los 42.03 gr/m<sup>2</sup> de la parcela ARG II-B tenemos los 1.58 gr/m<sup>2</sup> de la de ARG II-C. Este hecho evidencia la importancia que tiene la vegetación como elemento regulador y protector del suelo.
- Conjunto de parcelas Argentona III (ARG III). Hay instaladas dos parcelas:
  - 1.- ARG III-A: de orientación W/E, con una pendiente del 30% y recubrimiento del suelo del 98%. Se tienen datos desde 1992.
  - 2.- ARG III-B: con una pendiente del 30%, una orientación W/E y un recubrimiento vegetal del 100%. La serie es continua desde 1993.A pesar de la pendiente, los resultados obtenidos son bajos teniendo en cuenta el alto porcentaje de recubrimiento del suelo. Éstos varían entre los 0.22 gr/m<sup>2</sup> registrados en ARG III-A en el año 1994 y los 0.38 en la misma parcela en el año 1992. Esta tasa de pérdida de suelo se puede considerar como muy baja o casi inexistente.
- Argentona IV (ARG IV): la pendiente es del 22%, la orientación NW/SE y el recubrimiento del suelo es del 94%. Con estos parámetros se puede intuir que la pérdida de suelo, al igual que las dos parcelas anteriores, será baja, como así lo demuestran los resultados obtenidos. Éstos varían entre los 0.25 gr/m<sup>2</sup> del año 1994 y los 0.38 de 1992. Como en las parcelas anteriores se puede decir que la erosión es prácticamente nula en relación directa con el recubrimiento vegetal.

Todos estos resultados experimentales los vamos a poner en relación con la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Al integrar los distintos factores para cada uno de los supuestos (sin pista y con pista), se obtiene el índice A que nos indica la pérdida de suelo en toneladas por Ha y año. Los resultados obtenidos con este índice no se tienen que tomar de forma exacta sino como representativos de la dinámica de la zona. Para el primer supuesto, sin pista forestal, el factor A nos da un resultado de 122.4 Tm/ha.año. En cambio el segundo nos da un valor de 864. Esto nos indica que al desaparecer la cubierta vegetal la tasa de erosión aumenta y por tanto la degradación del suelo también aumenta de forma muy significativa.

### CONCLUSIONES

Ambos análisis han puesto en evidencia la fragilidad del medio en que nos movemos y la importancia que tiene la cobertura del suelo y su respectivo nivel de protección en la conservación del mismo. Esta fragilidad viene dada por un agente externo muy agresivo (el clima) y un sustrato (sauló) fácilmente erosionable. Así lo demuestran los resultados obtenidos de las parcelas experimentales. Aquellas que tienen un nivel de protección alto (ARG III y ARG IV) las tasas de erosión son muy bajas, y en cambio cuando este nivel desaparece, la pérdida de suelo aumenta considerablemente (ARG I y ARG II). Esto queda constatado al aplicar la USLE, corroborando las conclusiones anteriormente expuestas.

Si todo lo dicho, lo ponemos en relación con nuestro objeto de estudio (la apertura de la pista forestal), el impacto será muy importante al eliminar del suelo su manto protector, y más si se hace sin un previo estudio que permita la aplicación de unas posibles medidas correctoras. Los efectos principales son la incisión de las aguas de escorrentía, desprendimientos, pérdidas importantes del material que conforma el suelo y, en consecuencia, una degradación rápida del medio, la cual, sin un control, puede comenzar a extenderse a las zonas adyacentes.

### BIBLIOGRAFÍA

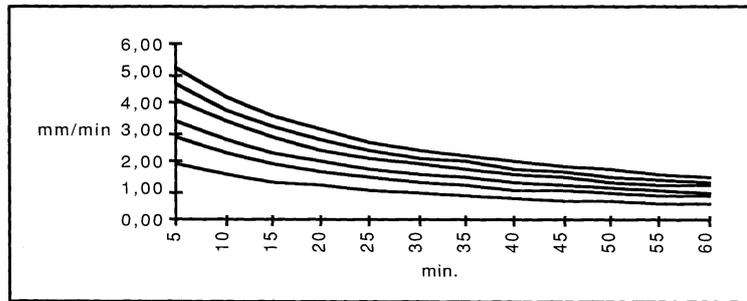
- CARRERA, J.A.; ROJO, L.; RUÍZ SINOGA, J.D.; SÁNCHEZ PALOMARES, P. (1990): Primera aproximación para la elaboración de la metodología común de cartografía de la erosión hídrica en el Mediterráneo. ICONA/FAO/UNEP.
- CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R. & MAYS, L.W.: Hidrología aplicada. Colombia. McGraw Hill
- ICONA (1988): Agresividad de la lluvia en España. Zaragoza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ICONA (1990): Mapas de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Pirineo Oriental. Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- ICONA (1991): Metodología para el diseño de actuaciones agrohidrológicas en las cuencas del ámbito mediterráneo. Los arroyos orientales de Málaga oriental. Madrid. Monografías Proyecto Lucdeme, núm. 7.
- JARDÍ, M.; LEAL, I; GARCÍA, C; PEÑA-RABADÁN, J.C. (1993): Instalación de parcelas experimentales para el control de la arroyada en superficie: primeros resultados en una cuenca de Argenton. Notes de Geografía Física, 22. Universitat de Barcelona. Pág. 113-120

- JARDÍ, M.; PEÑA-RABADÁN, J.C. (1995): Agresividad de la lluvia en la comarca del Maresme (Barcelona-España) . En: Desertización y erosión de suelos en España. Asociación Meteorológica Española. Vila-seca, septiembre 1995.
- JARDÍ, M.; CABANILLAS, M.; MARTÍNEZ, M.D.; ZARZA, X.; PEÑA-RABADÁN, J.C (1996): Tipificación y caracterización de las tormentas en la comarca del Maresme (Barcelona-España). 3ª Reunión de climatología. La Laguna (Tenerife). (En prensa)
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ALBADALEJO, J. (1990): Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. En ALBADALEJO, J.; STOCKING, M.D. y DÍAZ, E (Eds.): Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. CSIC.
- MARTÍN VIDE, J. (1992): Características extremas de la precipitación en la España Mediterránea. En : Inundaciones y redes de drenaje urbano. Barcelona. Colegio de Ingenieros, Canales y Puertos. Pág. 22-39
- REDAÑO XIPELL, A. (1989): Estructura fina de las lluvias intensas en Barcelona. En BURGUEÑO, A. et al.: Aspectos estadísticos y sinópticos de las precipitaciones intensas Cataluña. Barcelona. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Vol XLIX, Num 7, pág. 213-238
- SEMPERE TORRES, D. (1993): La lluvia como agente erosivo. Formación, distribución erosividad e intecepción. En PEREZ GONZÁLEZ, A y LÓPEZ BERMÚDEZ, J.: Métodos y técnicas para el estudio de procesos de erosión. CSIC.

Cuadro 1: Curvas IDF, Hietogramas de diseño y Factor R para la estación de Argentina

T	Pmm	I 24 (mm/min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	69,06	0,05	1,98	1,40	1,14	0,99	0,88	0,81	0,75	0,70	0,66	0,63	0,60	0,57
5	99,04	0,07	2,84	2,01	1,64	1,42	1,27	1,16	1,07	1,00	0,95	0,90	0,86	0,82
10	118,89	0,08	3,40	2,41	1,97	1,70	1,52	1,39	1,29	1,20	1,13	1,08	1,03	0,98
25	143,98	0,10	4,12	2,92	2,38	2,06	1,84	1,68	1,56	1,46	1,37	1,30	1,24	1,19
50	162,58	0,11	4,66	3,29	2,69	2,33	2,08	1,90	1,76	1,65	1,55	1,47	1,40	1,34
100	181,05	0,13	5,18	3,67	2,99	2,59	2,32	2,12	1,96	1,83	1,73	1,64	1,56	1,50

T	F	G	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	44,14	17,32	1,98	1,62	1,37	1,18	1,04	0,93	0,84	0,77	0,71	0,66	0,61	0,57
5	63,30	17,32	2,84	2,32	1,96	1,70	1,50	1,34	1,21	1,10	1,02	0,94	0,88	0,82
10	75,99	17,32	3,40	2,78	2,35	2,04	1,80	1,61	1,45	1,33	1,22	1,13	1,05	0,98
25	92,02	17,32	4,12	3,37	2,85	2,47	2,17	1,94	1,76	1,61	1,48	1,37	1,27	1,19
50	103,91	17,32	4,66	3,80	3,22	2,78	2,46	2,20	1,99	1,81	1,67	1,54	1,44	1,34
100	115,72	17,32	5,18	4,24	3,58	3,10	2,73	2,45	2,21	2,02	1,86	1,72	1,60	1,50



T = 2

t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,21	12,41	0,00	21,85	0,00
5	0,27	15,99	1,18	22,84	27,02
10	0,36	21,39	1,56	23,96	37,32
15	0,50	30,06	2,14	25,27	54,19
20	0,76	45,32	3,14	26,86	84,37
25	1,27	76,00	5,05	28,86	145,88
30	2,55	152,89	9,54	31,56	301,00
35	0,68	40,99	8,08	26,47	213,87
40	0,31	18,66	2,49	23,43	58,24
45	0,18	10,62	1,22	21,25	25,93
					947,82
Lluvia máx. 30 m					3,04
I30					6,09
R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)					57,71

Cuadro 1 (Continuación)

T = 5

t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,14	8,16	0,00	20,23	0,00
5	0,16	9,66	0,74	20,88	15,50
10	0,19	11,60	0,89	21,60	19,13
15	0,24	14,21	1,08	22,38	24,07
20	0,30	17,80	1,33	23,25	31,00
25	0,38	22,94	1,70	24,23	41,12
30	0,51	30,68	2,23	25,35	56,64
35	0,72	43,12	3,07	26,67	82,00
40	1,08	65,00	4,50	28,25	127,28
45	1,82	109,00	7,25	30,25	219,33
50	3,65	219,28	13,68	32,95	450,76
55	0,98	58,79	11,59	27,87	322,87
60	0,45	26,76	3,56	24,82	88,50
65	0,25	15,24	1,75	22,65	39,63
70	0,16	9,82	1,04	20,95	21,87
Lluvia máx. 30 m					1539,71
I <sub>30</sub>					4,37
R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)					8,73
					134,44

T = 10

t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,10	5,88	0,00	18,97	0,00
5	0,11	6,66	0,52	19,45	10,16
10	0,13	7,62	0,59	19,97	11,88
15	0,15	8,79	0,68	20,52	14,03
20	0,17	10,26	0,79	21,12	16,76
25	0,20	12,13	0,93	21,76	20,30
30	0,24	14,55	1,11	22,47	24,98
35	0,30	17,79	1,35	23,25	31,34
40	0,37	22,25	1,67	24,11	40,23
45	0,48	28,62	2,12	25,08	53,16
50	0,64	38,16	2,78	26,20	72,89
55	0,89	53,42	3,82	27,50	104,93
60	1,33	80,07	5,56	29,06	161,64
65	2,22	133,05	8,88	31,02	275,48
70	4,39	263,23	16,51	33,66	555,79
75	1,10	66,11	13,72	28,32	388,62
80	0,49	29,43	3,98	25,19	100,28
85	0,28	16,57	1,92	22,97	44,02
90	0,18	10,61	1,13	21,25	24,06
95	0,12	7,37	0,75	19,84	14,86
100	0,09	5,41	0,53	18,65	9,93
Lluvia máx. 30 m					1975,33
I <sub>30</sub>					5,25
R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)					10,49
					207,30

Cuadro 1 (Continuación)

T = 25

t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,05	2,97	0,00	16,33	0,00
5	0,05	3,22	0,26	16,64	4,30
10	0,06	3,50	0,28	16,97	4,76
15	0,06	3,82	0,31	17,30	5,28
20	0,07	4,19	0,33	17,66	5,89
25	0,08	4,61	0,37	18,02	6,60
30	0,08	5,09	0,40	18,41	7,44
35	0,09	5,66	0,45	18,82	8,43
40	0,11	6,33	0,50	19,25	9,61
45	0,12	7,12	0,56	19,71	11,04
50	0,13	8,07	0,63	20,19	12,78
55	0,15	9,22	0,72	20,71	14,92
60	0,18	10,64	0,83	21,26	17,60
65	0,21	12,42	0,96	21,86	21,01
70	0,24	14,68	1,13	22,50	25,42
75	0,29	17,63	1,35	23,21	31,25
80	0,36	21,55	1,63	23,99	39,15
85	0,45	26,94	2,02	24,85	50,21
90	0,58	34,65	2,57	25,82	66,28
95	0,77	46,21	3,37	26,94	90,76
100	1,08	64,69	4,62	28,24	130,48
105	1,62	96,96	6,74	29,80	200,72
110	2,69	161,11	10,75	31,76	341,56
115	5,31	318,76	19,99	34,40	687,84
120	1,33	80,06	16,62	29,06	482,91
125	0,59	35,63	4,82	25,93	125,00
130	0,33	20,06	2,32	23,71	55,02
135	0,21	12,84	1,37	21,99	30,14
140	0,15	8,92	0,91	20,58	18,66
145	0,11	6,56	0,64	19,39	12,50
150	0,08	5,02	0,48	18,36	8,86
155	0,07	3,97	0,37	17,45	6,53
160	0,05	3,21	0,30	16,63	4,98
				Lluvia máx. 30 m	2537,94
				I <sub>30</sub>	6,35
				R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)	12,71
					322,53

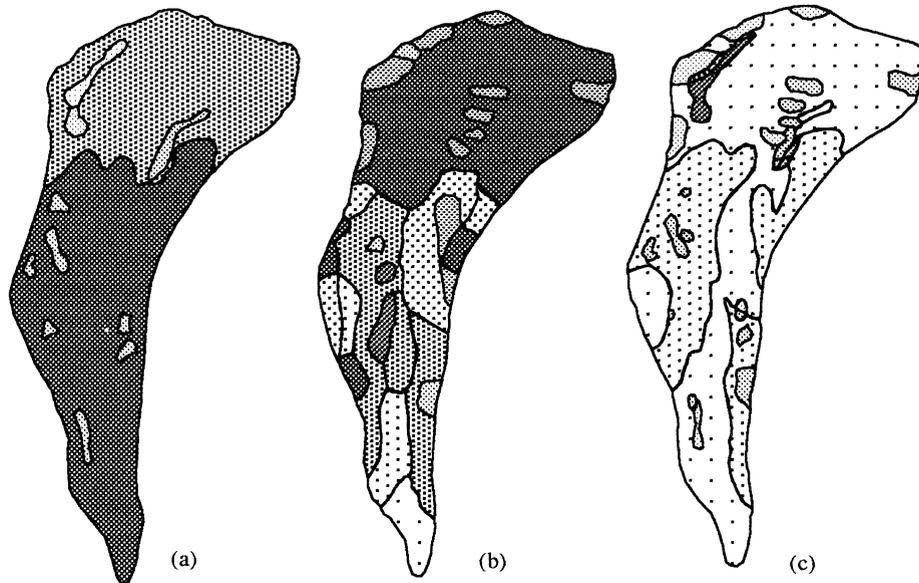
Cuadro 1 (Continuación)

T = 50					
t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,04	2,67	0,00	15,92	0,00
5	0,05	3,09	0,24	16,49	3,96
10	0,06	3,62	0,28	17,09	4,78
15	0,07	4,30	0,33	17,75	5,86
20	0,09	5,18	0,39	18,47	7,29
25	0,11	6,36	0,48	19,27	9,26
30	0,13	8,00	0,60	20,16	12,06
35	0,17	10,37	0,77	21,16	16,19
40	0,23	13,96	1,01	22,31	22,62
45	0,33	19,82	1,41	23,66	33,31
50	0,51	30,31	2,09	25,31	52,85
55	0,87	52,00	3,43	27,39	93,94
60	1,82	109,21	6,72	30,26	203,27
65	6,00	359,96	19,55	34,87	681,68
70	2,89	173,42	22,22	32,05	712,23
75	1,69	101,69	11,46	29,98	343,71
80	1,11	66,75	7,02	28,36	199,02
85	0,79	47,15	4,75	27,01	128,21
90	0,58	35,07	3,43	25,87	88,64
95	0,45	27,10	2,59	24,87	64,44
100	0,36	21,57	2,03	23,99	48,66
105	0,29	17,57	1,63	23,20	37,84
110	0,24	14,59	1,34	22,48	30,13
115	0,21	12,31	1,12	21,82	24,46
120	0,18	10,53	0,95	21,22	20,19
125	0,15	9,10	0,82	20,66	16,89
130	0,13	7,95	0,71	20,13	14,30
135	0,12	7,00	0,62	19,64	12,24
140	0,10	6,21	0,55	19,18	10,56
145	0,09	5,55	0,49	18,75	9,19
150	0,08	4,99	0,44	18,33	8,05
155	0,08	4,51	0,40	17,94	7,10
160	0,07	4,10	0,36	17,57	6,30
165	0,06	3,74	0,33	17,22	5,62
170	0,06	3,42	0,30	16,88	5,03
175	0,05	3,15	0,27	16,55	4,53
180	0,05	2,90	0,25	16,24	4,09
185	0,04	2,69	0,23	15,94	3,71
190	0,04	2,49	0,22	15,65	3,38
Lluvia máx. 30 m					2955,62
I30					7,17
R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)					14,34
					423,94

Cuadro 1 (Continuación)

T = 100					
t (min)	i (mm/min)	i (mm/h)	p (mm)	Ec P (J/m <sup>2</sup> .mm)	Ec T (J/m <sup>2</sup> )
0	0,04	2,29	0,00	15,32	0,00
5	0,04	2,60	0,20	15,81	3,22
10	0,05	2,98	0,23	16,34	3,80
15	0,06	3,45	0,27	16,90	4,52
20	0,07	4,03	0,31	17,51	5,46
25	0,08	4,78	0,37	18,17	6,67
30	0,10	5,76	0,44	18,89	8,30
35	0,12	7,08	0,54	19,69	10,54
40	0,15	8,91	0,67	20,57	13,71
45	0,19	11,54	0,85	21,57	18,38
50	0,26	15,55	1,13	22,73	25,66
55	0,37	22,07	1,57	24,08	37,74
60	0,56	33,75	2,33	25,72	59,82
65	0,97	57,91	3,82	27,81	106,21
70	2,03	121,62	7,48	30,68	229,48
75	6,68	400,85	21,77	35,29	768,18
80	3,22	193,12	24,75	32,46	803,44
85	1,89	113,24	12,76	30,40	388,06
90	1,24	74,34	7,82	28,77	224,88
95	0,88	52,51	5,29	27,43	144,98
100	0,65	39,06	3,82	26,29	100,29
105	0,50	30,18	2,88	25,29	72,96
110	0,40	24,02	2,26	24,41	55,12
115	0,33	19,57	1,82	23,62	42,89
120	0,27	16,25	1,49	22,90	34,17
125	0,23	13,71	1,25	22,24	27,76
130	0,20	11,72	1,06	21,63	22,92
135	0,17	10,14	0,91	21,07	19,19
140	0,15	8,85	0,79	20,55	16,26
145	0,13	7,80	0,69	20,06	13,91
150	0,12	6,92	0,61	19,60	12,02
155	0,10	6,18	0,55	19,16	10,46
160	0,09	5,56	0,49	18,75	9,17
165	0,08	5,02	0,44	18,36	8,09
170	0,08	4,56	0,40	17,99	7,18
175	0,07	4,16	0,36	17,63	6,41
180	0,06	3,81	0,33	17,29	5,74
185	0,06	3,50	0,30	16,97	5,17
190	0,05	3,23	0,28	16,65	4,67
195	0,05	2,99	0,26	16,35	4,24
200	0,05	2,78	0,24	16,07	3,86
205	0,04	2,58	0,22	15,79	3,52
210	0,04	2,41	0,21	15,52	3,23
				Lluvia máx. 30 m	3352,33
				I30	7,99
				R (J*cm/m <sup>2</sup> *h)	15,97
					535,47

**MAPA 1: NIVELES DE PROTECCIÓN, ERODIBILIDAD Y ESTADOS EROSIVOS SECTOR DE CAN BURRIACH**



	Grados de protección (a)	Niveles de erodibilidad (b)	Estados erosivos (c)
	Muy bajo	Nula a baja	Muy bajo
	Bajo	Baja a moderada	Bajo
	Medio	Moderada a alta	Medio
	Alto	Alta a muy alta	Grave
	Muy alto	Muy alta a máxima	Muy grave

Cuadro 2: Totales anuales de las parcelas experimentales

ESTACION	AÑO	PRECIPITACION (mm)	PERDIDA SUELO (gr/m <sup>2</sup> )	ESCORRENTIA (l/m <sup>2</sup> )
ARG I	1992	785,0	91,99	234,00
ARG II-A	1992	757,0	39,19	27,43
	1993	532,0	31,06	39,38
	1994	427,0	10,55	9,39
	1995	334,8	16,36	18,38
ARG II-B	1993	552,0	42,03	34,00
	1994	427,0	11,62	8,31
	1995	334,8	18,93	19,39
ARG II-C	1993	527,0	7,83	22,69
	1994	427,0	1,58	8,88
	1995	334,8	4,43	13,88
ARG III-A	1992	660,0	0,26	17,62
	1993	540,0	0,22	11,66
	1994	427,0	0,46	9,44
	1995	334,8	0,44	9,00
ARG III-B	1993	688,0	0,39	13,66
	1994	427,0	0,39	11,56
	1995	334,8	0,41	10,50
ARG IV	1992	780,0	0,38	17,31
	1993	572,0	0,29	10,78
	1994	427,0	0,25	8,03
	1995	334,8	0,18	9,22