

A. CERDÀ BOLINCHES*

INCENDIOS FORESTALES Y ESTABILIDAD DE AGREGADOS

RESUMEN

Se presentan los resultados de tres test de estabilidad de agregados para dos suelos cuya historia reciente de incendios forestales es desigual. El test CND es el que más claramente muestra las diferencias entre los distintos horizontes y los dos tipos de suelos. El test TDI no ofrece ninguna diferencia entre muestras por la reducida intensidad y duración de la energía empleada, como también sucede con el test UD para el caso de la zona no incendiada recientemente. Se encuentra una clara relación entre incendio y reducción de la estabilidad de los agregados, aunque ésta puede ser debida en parte a las diferencias texturales entre las dos zonas.

ABSTRACT

The results from three test of aggregate stability of two soils with a recent history of forests fire different are presented. The CND test show the differences more clearly between horizons and soils. The TDI test don't find differences because the low intensity and duration of the energy used, like the UD test for the no burned area. A clear relationship were find between wild fire and the reduction of aggregate stability, although the different grain sizes of the soils can increase this differences.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. *La problemática*

Las características climáticas (altas temperaturas y sequía estival) y biogeográficas (especies arbustivas con resinas y con bajos contenidos en agua) del sureste español hacen que las posibilidades de incendios forestales sean muy altas. El abandono de las zonas montañosas en los últimos tres decenios ha favorecido el incremento del número de incendios forestales y de la superficie incen-

* Departament de Gaografia. Universitat de València.

-diada desde 1961 a 1980 en todo el Estado Español (MORENO, 1989). Esta tendencia en el territorio Valenciano se ha acrecentado con dos grandes desastres ecológicos: uno en los años 1978-1979, en que se incendiaron más de 150.000 ha con el catastrófico incendio del Caroig como ejemplo más significativo, y otro en 1990-1992, cuyos datos totales no se conocen, pero en el que incendios como el de Buñol, Serra de Bernia, Serra de Espadà, Castell de Castells, Calderona, Desert de les Palmes, etc., son ejemplos clarificadores de la magnitud del problema.

En el conjunto del Estado Español el proceso tiende a un crecimiento acelerado, como lo demuestra que la superficie incendiada en la década de los 70 (SANROQUE, y RUBIO, 1982) se ha visto superada en la década de los 80, y no se vislumbra ninguna mejora en el principio de los 90. El problema social que significa todo incendio forestal no sólo se debe a las elevadas pérdidas económicas; además, las alteraciones inducidas por los incendios forestales pueden favorecer la degradación del ecosistema hasta tal punto que muchos investigadores lo reconocen como una de las causas actuales de la desertificación (RUBIO, 1987).

El incendio de al menos el 10 % de la superficie forestal española desde 1975 (ÚBEDA *et al.*, 1990) hace pensar que este problema es el más serio en la gestión de los recursos naturales del estado en la actualidad.

1.2. *Ecosistemas mediterráneos e incendios forestales: adaptación o degradación*

La existencia de fuegos naturales durante la prehistoria ha sido ampliamente documentada (SIMMONS, 1989), como también lo ha sido el uso del fuego por parte del hombre para la puesta en cultivo de tierras (GOUDIE, 1981). El uso del fuego por los hombres prehistóricos fue el primer impacto cultural sobre el medio de la historia en la humanidad y con ello se inició una alteración y diversificación del ecosistema que dura hasta hoy (SIMMONS, 1989).

En la actualidad, la antigüedad de la presencia del fuego en el ecosistema mediterráneo hace que sea entendido como un factor ecológico natural (GARCÍA-FAYOS, 1987), como lo demuestra la adaptación de la flora y la vegetación mediterránea a los incendios repetitivos favorecidos por la acción antrópica (NAVEH, 1990).

A pesar de esta ancestral coexistencia de los ecosistemas con el fuego como medio de adaptación (OECHEL, 1990; QUINN, 1990), el medio sigue siendo vulnerable ya que el aumento de la pérdida de nutrientes, suelo y agua tras los incendios son alarmantes (SANROQUE, y RUBIO, 1982; BROWN, 1990; SENVIK, 1988; SANROQUE *et al.*, 1985).

Por lo tanto, aunque los incendios forestales se pueden considerar como sinónimos de deforestación o desertificación hay que resaltar la adaptación y resiliencia de los ecosistemas mediterráneos y por lo tanto la plena armonía fuego-ecosistema.

1.3. *Alteraciones edáficas tras los incendios forestales: la agregación*

Los efectos de los incendios sobre los ecosistemas edáficos han sido largamente estudiados, aunque quedan lagunas en la investigación. El fuego general-

mente reduce el contenido de la materia orgánica del suelo (SANROQUE *et al.*, 1985; GIOVANINI y LUCCHESI, 1983; GIOVANINI *et al.*, 1988), al producirse una mineralización rápida de ésta con la liberación de los nutrientes contenidos en la necromasa (MORENO, 1989). En incendios con bajas temperaturas (generalmente los invernales) las modificaciones de la materia orgánica no suelen ser significativas (ALMENDROS *et al.*, 1990; FERNÁNDEZ *et al.*, 1988; IBÁÑEZ *et al.*, 1983), y en algunos casos se ha detectado un aumento de ésta.

Otro efecto de los incendios es la formación de sustancias hidrófobas (SAVAGE *et al.*, 1972; DEBANO, 1981), las cuales generalmente son lavadas en profundidad, y favorecen la formación de un horizonte hidrofóbico (DEBANO *et al.*, 1970; GIOVANINI *et al.*, 1983). Este proceso contribuye al aumento de la repelencia de los suelos y con ello la reducción de la capacidad de infiltración (DEBANO, 1971; DEBANO y RICE, 1973).

A pesar de que se ha detectado en muchos estudios que el suelo sufre cambios importantes por influencia del fuego: destrucción de la materia orgánica, aumento del carbono y nitrógeno por la combustión incompleta, así como del pH por las bases incorporadas, erosión del horizonte superior, etc. también se ha detectado que tras un periodo de regeneración (en algunos casos 18 meses) no se pueden detectar diferencias entre el suelo incendiado y el suelo control (GONZÁLEZ *et al.*, 1992).

La estructura y el grado de estabilidad de los agregados es uno de los factores que más fuertemente influyen sobre la erosionabilidad e infiltrabilidad de un suelo. El grado de agregación refleja la resistencia del suelo ante la energía proveniente del exterior (generalmente la lluvia o la escorrentía), y con ello su estabilidad y flexibilidad ante las alteraciones del ecosistema. Además, el grado de agregación condiciona la porosidad del suelo y por tanto la cantidad de agua almacenable y transmisible por él. De este modo, la estabilidad estructural se convierte tras los incendios, debido a la eliminación de la cubierta vegetal y la hojarasca, en la característica clave en la gestión del agua y la pérdida de nutrientes y materiales del suelo.

Generalmente tras los incendios se detecta una reducción de la estabilidad de los agregados (GIOVANNI y LUCCHESI, 1983; GIOVANINI *et al.*, 1988; ÚBEDA *et al.*, 1990) relacionada con la pérdida de materia orgánica. Pero en esta influencia de los incendios forestales es posible encontrar tendencias contrarias cuando hay fuegos de baja intensidad (IBÁÑEZ *et al.*, 1983; DÍAZ-FIERROS *et al.*, 1987) en los que la agregación aumenta o bien sufre ligeras modificaciones debido a la cementación del suelo por el fuego (NISHITA *et al.*, 1970; GIOVANINI *et al.*, 1988).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer las alteraciones sufridas en la estabilidad de los agregados de los diferentes horizontes de un suelo recientemente incendiado y otro donde el último incendio se produjo diez años antes de la investigación. Se discute sobre la importancia tanto del fuego como de las características del suelo en la agregación.

2. METODOLOGÍA

2.1. Zonas de estudio

Ambas zonas de estudio se encuentran en la provincia de Valencia. Una en el término municipal de *Genovés*, junto al de Benigànim, a una altura de 300-350 m. s. n. m. y sobre calizas cretácicas (IGME; 1981) y la otra al sur del término municipal de Canals, en la partida denominado *Bolbens*, a una altura semejante y sobre idéntica litología (IGME, 1981). Ambas zonas son afluentes del río Albaida, y se encuentran en la más septentrional de las alineaciones de Prebético: la *Serra Grossa* (Figura 1).

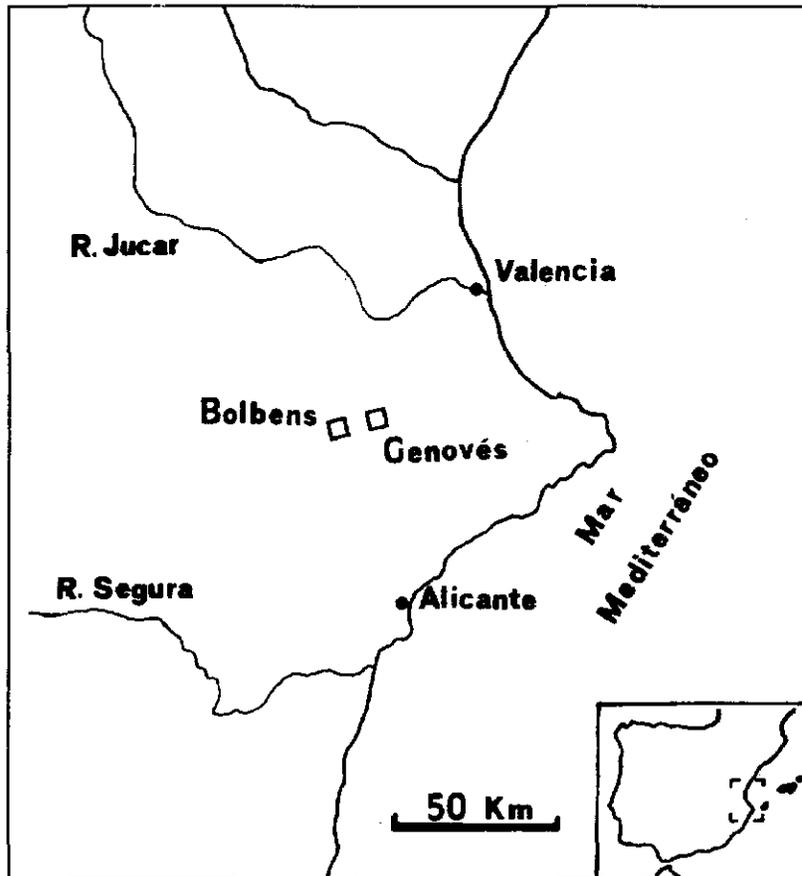


Figura 1. Mapa de localización de las áreas de estudio.

Las precipitaciones medias anuales son elevadas, 688 mm en el observatorio de Xàtiva, aunque están marcadas por una gran estacionalidad y por fuertes variaciones interanuales. Las dos zonas están situadas al noroeste del núcleo de máximas precipitaciones del País Valenciano (PEÑARROJA, 1991).

La geomorfología de las dos zonas está caracterizada por la existencia de laderas con una concavidad basal, una convexidad en la cima y un tramo recto en la parte media. La gran cantidad de arcillas y limos rojos depositados en la base son una muestra de la desconexión de la base de la ladera de los cauces actuales, lo cual no deja de ser algo excepcional en las laderas del País Valenciano (CALVO, 1987).

En la concavidad basal la acumulación de *terra rossa* ha favorecido el abancalamiento para el cultivo de olivos (años 1940-50), explotaciones que en la actualidad están abandonadas.

Antes del último incendio forestal en ambas zonas existía un denso bosque de *Pinus halepensis* que, en la actualidad, ha dado paso a una garriga de *Thymus vulgaris* en los campos de cultivo abandonado y a un maquis, generalmente dominado por *Ulex parviflorus*, en espacios menos antropizados. Además de las anteriores, las especies más abundantes son *Erica multiflora*, *Chamaerops humilis*, *Rosmarinus officinalis*, *Quercus coccifera*, *Sedum sediforme* y *Globularia alypum*.

Los diferentes ambientes de las dos zonas están poblados por especies muy concretas. *Anthyllis cystisoides*, *Cistus albidus*, *Ulex parviflorus*, *Cistus monpeiliensis*, *Thymus vulgaris* y *Olea europaea* se concentran en los campos abandonados de la base de las laderas. En los espacios con mayores horas de sol aparecen especies como *Rhamnus lycioides*, *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum*, y *Thymus piperella*, mientras que en los más húmedos son *Arbustus unedo* y *Rhamnus alaternus*, las especies más originales.

La zona de Bolbens tiene una cubierta vegetal entre el 40-50 % debido a que en el momento del estudio hacía dos años desde el último incendio (agosto 1989). En Genovés la cobertera vegetal era muy elevada (90 %), y en ella el último incendio se produjo diez años antes (agosto 1981).

Aunque en el caso de Bolbens la regeneración de la vegetación ha sido rápida y muy importante, tanto en biomasa como en cobertera, en ella sólo son abundantes especies como *Ulex parviflorus* y *Brachipodium retusum*.

2.2. Métodos y Test de estabilidad de agregados

En nuestro estudio el análisis se ha llevado a cabo mediante dos métodos: dispersión por ultrasonidos y por goteo. Para el primero se utilizó un generador de ultrasonidos denominado Sanfier 1312 (Branson Sonic Power Company, Danbury, Connecticut) (IMESON and VIS, 1984). Para el segundo, el goteador se construyó mediante un tubo acoplado a un regulador de paso del agua. Este regulador determinaba la velocidad de goteo del agua proveniente de un depósito situado en un lugar sobreelevado respecto al formador de gotas.

Las gotas producidas (siempre con agua destilada) han sido de un peso de 0,063 gramos, y eran precipitadas a través de un tubo de polietileno de 15 cm de

diámetro (evita alteraciones) desde un metro de altura sobre un tamiz de 2,8 mm donde eran colocados los agregados.

La evaluación de la estabilidad de los agregados se realizó sobre los agregados de 4-4,8 mm, secos y húmedos a pF1 durante 24 horas para los *Drop-tests*, y a pF1 para los experimentos con ultrasonidos.

Los test utilizados fueron:

- TDI (*Ten Drop Impacts*). Este método consiste en someter a un agregado a la energía de diez impactos de gota, determinando la muestra superviviente mediante un tamiz de 2,8 mm. Las fracciones mayores y menores de 2,8 mm se midieron a partir del peso en seco de las dos muestras. También se tomaron notas de la forma en la que se producía la rotura del agregado: desmoronamiento, partición en varias partes, influencia de las raíces, etc. (IMESON and VIS, 1984).
- CND (*Counting the Number of Drop*). Se contabiliza el número de impactos necesarios para romper un agregado. Se determina la rotura cuando este es capaz de pasar por un tamiz de 2,8 mm. El número de repeticiones fue de al menos 20 y se contaron un máximo de 200 gotas por agregado.
- UD (*Ultrasonic Disruption*). Los agregados a pF1 se colocaban en 40 ml de agua destilada, y se sometían a una energía de entre 30 y 115 vatios durante 5 o 10 segundos con el disruptor a 10 mm de profundidad sobre una altura de agua de 40 mm. Tras el tratamiento se contabilizaban los agregados supervivientes y el peso de la muestra que atraviesa (también la que no) un tamiz 2,8 mm (IMESON and VIS, 1984).

Además de la estabilidad de los agregados se han cuantificado otras características de los suelos: el contenido en materia orgánica (método de Walkley-Back), la textura según la clasificación simple de la U.S.D.A., el contenido en carbonato cálcico (calcimetría de Bernard), y el contenido en humedad en el momento del muestreo por gravimetría.

1.3. Suelos

En ambas zonas de estudio se han seleccionado dos perfiles-tipo característicos de las partes media-bajas de las laderas norte. Se han muestreado cuatro niveles del perfil: A1 y A2 corresponden a la parte superior y media-inferior del horizonte orgánico, y B1 y B2 a las partes media-superior y media-inferior del horizonte argílico, respectivamente. En **Genovés** la parcela de estudio presenta una superficie dominada por los vegetales, aunque la pedregosidad también es importante. Los fragmentos de roca aparecen en superficie, sin estar incrustados en la matriz del suelo, junto a una costra de líquenes y musgos, lo que acompañado por la hojarasca favorece la preponderancia en la zona de superficies sin morfologías de erosión.

El suelo muestreado en Genovés se caracteriza por el elevado contenido de arenas en el horizonte orgánico, y por el horizonte argílico en profundidad. La

materia orgánica muestra una distribución marcada por la profundidad (negativa), y ésta es inversa a la de la humedad del suelo. El contenido en carbonato cálcico no presenta un patrón definido (ver tabla 2).

Tabla 1. Materia orgánica, textura, carbonato cálcico y humedad (%) Genovés.

GENOVÉS	Mat. Org.	Arena	Limo	Arcilla	Carb. Cál.	Humedad
A1	5,96	56,24	26,54	17,22	3,12	1,61
A2	2,35	52,34	23,24	24,42	3,21	2,34
B1	1,59	27,19	22,51	50,30	2,23	6,87
B2	0,59	23,24	25,31	51,45	4,91	7,98

En **Bolbens**, la parcela de estudio presenta una preponderancia de la pedregosidad y el suelo desnudo sobre los espacios cubiertos de vegetación. Los fragmentos de roca aparece en un porcentaje muy alto sueltos sobre la superficie del suelo, aunque en algunos ambientes han sido cubiertos en parte por los materiales provenientes de la arroyada. Se aprecia la existencia de costras superficiales y en algunos puntos, junto a los restos de los esqueletos de arbustos y árboles, aparecen carbones. La hojarasca es insignificante como también lo son los líquenes y los musgos.

Como en el caso de Genovés se aprecia un contenido de arena muy alto en el horizonte orgánico, mientras que en profundidad se mantiene el horizonte argílico (tabla 2). En este suelo la textura es en general más grosera que la de Genovés.

Tabla 2. Materia orgánica, textura, carbonato cálcico y humedad (%). Bolbens.

BOLBENS	Mat. Org.	Arena	Limo	Arcilla	Carb. Cál.	Humedad
A1	4,65	68,76	13,76	17,48	6,01	1,03
A2	2,09	61,86	15,43	22,71	2,14	2,52
B1	1,03	34,76	23,65	41,59	2,01	5,09
B2	0,48	32,98	24,12	42,90	5,21	9,32

En ambos casos se aprecia una distribución clara de la materia orgánica (negativa respecto a la profundidad) y la humedad (positiva). En el suelo recientemente incendiado el contenido de materia orgánica y humedad en los horizontes superficiales es ligeramente inferior. Además, este último suelo presenta una mayor acumulación de carbonato cálcico en superficie como consecuencia del encostramiento de esta.

3. RESULTADOS

3.1. Test *CND*

El test *CND* nos muestra un comportamiento totalmente diferente de la agregación en Bolbens y Genovés (figuras 2 y 3). En **Genovés** los agregados son muy estables soportando el 40 % de ellos más de 200 impactos de gotas sin ser destruidos. Esto ocurre en todos los horizontes, pero en el caso de los agregados de los horizontes A2 es el 100 % de la muestra la que sobrevive a los 200 impactos de las gotas. Se observa una disminución de la estabilidad en los agregados con el aumento de la profundidad, aunque el horizonte superficial (A1) rompe esta clara gradación al ser junto al B2 los más inestables.

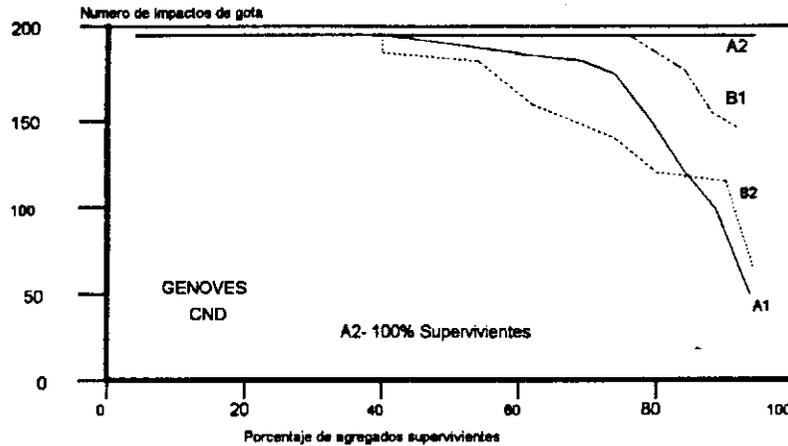


Figura 2. Relación entre el número de impactos de gota y el porcentaje de los agregados superviviente en diferentes horizontes. Genovés.

En **Bolbens** se repite la clara gradación entre los diferentes horizontes, ya que al igual que en Genovés con el aumento de la profundidad aumenta la fragilidad de los agregados (figura 3). También como en Genovés el horizonte A1 es una excepción.

Las diferencias más significativas entre muestras se alcanzan entre en el 50 % de los agregados supervivientes. En este intervalo el número de impactos de las gotas ha sido de 150 para A2, 120 para A1, 70 para B1 y 50 para B2.

Igual resultado se obtiene con el número de agregados supervivientes a los 200 impactos de gotas, ya que nos muestran una gradación clara entre los diferentes horizontes: 30% en A2, 20% en A1, 5% para B1 y 0% para B2.

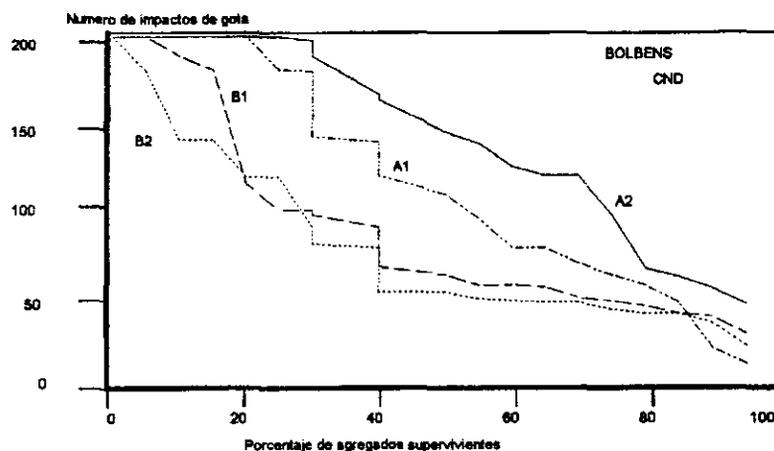


Figura 3. Relación entre el número de impactos de gota y la porcentaje de agregados supervivientes en diferentes horizontes. Bolbens.

Si comparamos los resultados de las dos zonas (figuras 2 y 3), se puede observar como todos los horizontes del perfil de Bolbens tienen una estabilidad menor en sus agregados. Esta, para el 50 % de la muestra superviviente se puede cifrar en 100 impactos de gota, lo que demuestra la mayor inestabilidad de los agregados de la zona recientemente incendiada.

3.2. Test UD

Las diferencias en la estabilidad de los agregados de los horizontes del suelo estudiado en Genovés son muy poco claras, seguramente debido a que no se alcanzó el nivel de energía suficiente para agregados tan estables. A bajos niveles de energía, las muestras A1 y A2 presentan diferencias poco apreciables, aunque A2 podría ser considerada como la menos estable en estas situaciones. Cuando la energía aplicada es superior a 80 vatios, A2 se muestra más inestable (ningún agregado sobrevive), mientras que en A1 sobreviven el 20% de los agregados hasta 110 vatios (figura 4). Estas diferencias pueden deberse a la selección natural que sufre continuamente la muestra de superficie sometida a agentes externos, lo que propicia que un porcentaje de la muestra sean agregados de gran resistencia.

Por otra parte el horizonte B es más estable a intensidades de energía altas, pero hay que destacar que con duraciones de 10 segundos estas diferencias

desaparecen (figura 5), y serían menores si aumentásemos el tiempo de aplicación del experimento, como ocurre en el test CND donde, aunque la intensidad (un golpe de gota de 0,063 gramos desde 1 metro) es baja, la duración es elevada (200 gotas).

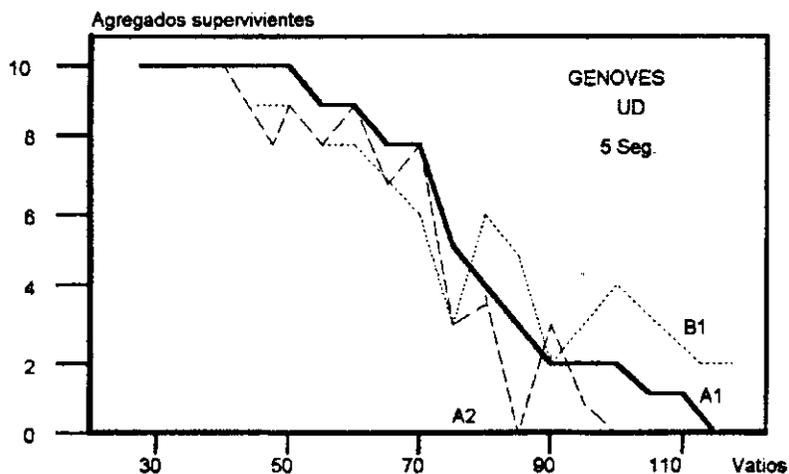


Figura 4. Número de agregados supervivientes a distintos niveles de energía (Wattios) mantenida durante 5 segundos. Genovés.

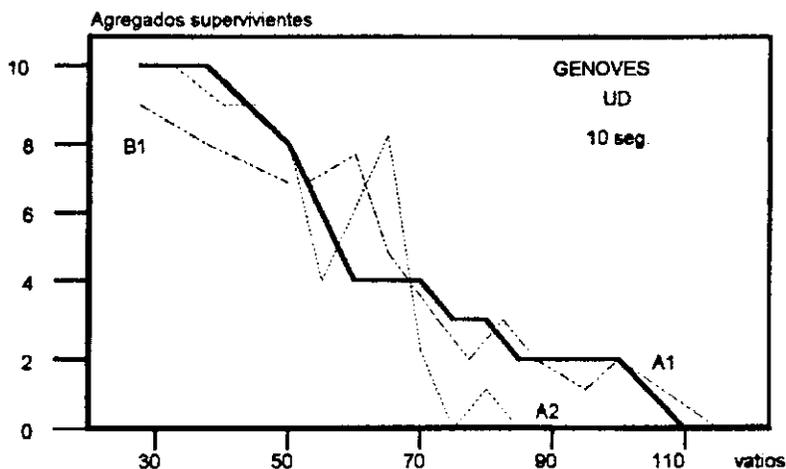


Figura 5. Número de agregados supervivientes a distintos niveles de energía (Wattios) mantenida durante 10 segundos. Genovés.

Contrariamente a lo ocurrido en Genovés, en Bolbens los experimentos con ultrasonidos muestran importantes diferencias entre los horizontes con tan sólo

5 segundos de duración del experimento, los que nos indica ciertos rasgos de fragilidad de la muestra de la zona incendiada (figura 6). Los análisis con ultrasonidos nos presenta también una gradación entre los diferentes horizontes, aunque estas no coinciden plenamente con el test CND. El horizonte A1 es el más estable, seguido por A2 y B1, apareciendo las diferencias más apreciables a partir del umbral de 70 vatios.

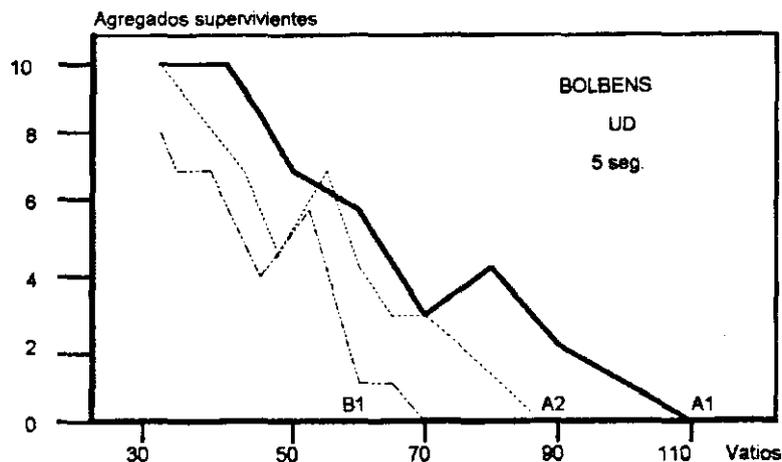


Figura 6. Número de agregados supervivientes a distintos niveles de energía (Vatios) mantenida durante 10 segundos, Bolbens.

Las diferencias entre horizontes son muy claras tanto con la aplicación de 5 como 10 segundos (figura 7), aunque en el test CND eran más claras debido a que el número de mediciones realizadas en este último test eran mayores.

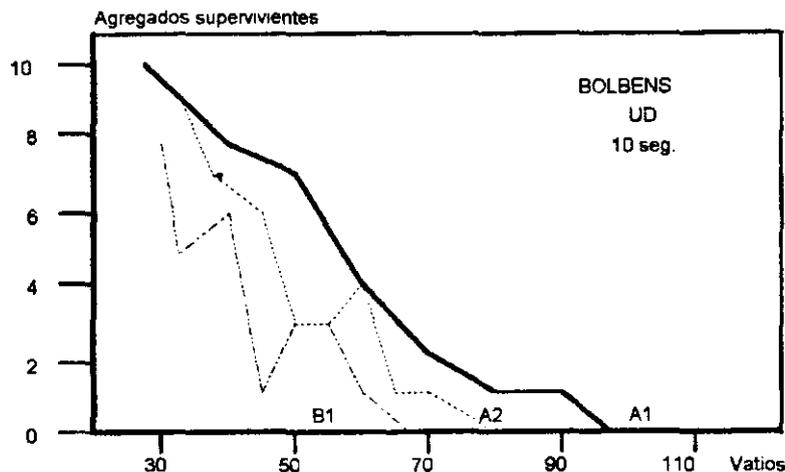


Figura 7. Número de agregados supervivientes a distintos niveles de energía (Vatios) mantenida durante 5 segundos, Bolbens.

El tratamiento de la muestra con ultrasonidos, a diferentes niveles de intensidad de energía (de 30 a 115 vatios), y duración (5 y 10 segundos) nos confirma lo visto en el test CND: que los agregados de los suelos de Bolbens son menos estables que los de Genovés. En general esta diferencia oscila entre 1-3 agregados superviviente más para los mismos niveles de energía, o 5-25 vatios para el mismo número de agregados supervivientes.

3.3. Test TDI

Con el TDI no se han encontrado diferencias claras entre la muestra de los dos perfiles tipo seleccionados: Bolbens y Genovés. Este resultado se debe a que el nivel de energía que se alcanza en el test TDI no es suficiente para que los agregados de los suelos estudiados inicien su rotura. En el test CND, el umbral está en muchos casos en más del 40 % de las muestras supervivientes a 200 impactos de gota o bien a un nivel de energía proveniente de ultrasonidos de 45-50 vatios, lo que nos confirma que 10 impactos de gota, que son los que se usan en el test TDI, no son suficientes para encontrar diferencias entre los dos suelos estudiados.

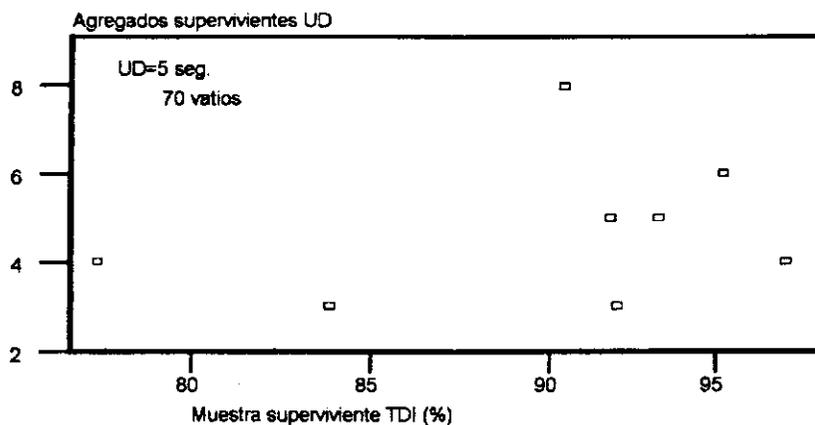


Fig. 8. Relación entre la muestra superviviente (TDI) y los agregados supervivientes (UD).

Como se ve en la figura 8 la muestra superviviente en el test TDI es siempre superior al 75 % y en el 80 % de los casos esta supervivencia alcanza el 90 % de la muestra.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis comparativo de las muestras de los dos suelos, Genovés y Bolbens, indica que en el segundo, incendiado recientemente, los agregados son relativamente más inestables que en el primero, incendiado hace más de 10 años.

Curiosamente, esta influencia del fuego, extrañamente se deja sentir en todos los horizontes, e incluso diríamos que es más evidente sobre los horizontes inferiores (argílicos).

A pesar de las alteraciones producidas por el incendio forestal la gradación en la estabilidad de los agregados de los diferentes horizontes se mantiene, siendo A2 el más estable y los argílicos los más inestables. El horizonte A1 se encuentra en una situación intermedia.

Estas relaciones de mayor degradación de la agregación con los incendios han sido observados por otros autores (SANROQUE *et al.*, 1985; GIOVANINI y LUCCHESI, 1983; GIOVANINI *et al.*, 1988; ÚBEDA *et al.*, 1990). Pero hay que tener en cuenta que el proceso de destrucción de los agregados tras los incendios hace que los menos estables de los horizontes superficiales se degradan quedando una muestra distorsionada, al sobrevivir los más resistentes. Tal vez por esta razón comparativamente con el resto de horizontes A1 en Bolbens sea más estable que en Genovés, si bien entre ellos muestra una mayor estabilidad el segundo.

A pesar de que el diferente comportamiento de la estabilidad de los agregados en Bolbens y Genovés se puede explicar por el influjo directo del fuego, también hay otros aspectos que han intervenido en sus diferencias.

Por una parte, los cambios posteriores al incendio, pero inducidos por este, pueden explicar las menores cantidades en materia orgánica y fracciones finas (limos y arcillas) en los horizontes superficiales. Esto, junto a la mayor cantidad de carbonato cálcico (costras superficiales), hace pensar que el suelo de Bolbens tras el incendio ha sufrido un proceso de degradación en el que se han perdido nutrientes y fracciones finas por las mayores escorrentías (CERDÀ y CALVO, 1991). Ello, a su vez, ha favorecido el aumento del encostramiento y de la pedregosidad superficial.

Estos procesos explicarían los cambios producidos en la superficie, ya que la inexistencia de vegetación favorecería el aumento de las alternancias extremas en la temperatura del suelo, pérdidas de humedad muy rápida y su erodibilidad, etc., lo que da lugar a tasas de escorrentía y erosión tan altas como las medidas por CERDÀ y CALVO (1991).

Por otra parte, el origen de las diferencias entre los dos suelos se puede ver desde otro punto de vista. En Bolbens, por su historia evolutiva, los suelos tienen una textura más grosera y, como consecuencia de ello, una menor estabilidad en la agregación. Esta idea se ve ratificada por el mayor contenido en arenas de todos los horizontes (también en los profundos) y por la poco frecuente alteración textural sufrida tras los incendios (GONZÁLEZ *et al.*, 1992). Pero hay diferencias como menor contenido en materia orgánica, formación de costras superficiales (mayor carbonato cálcico en la superficie) como consecuencia del incendio que puede acrecentar las diferencias entre los dos suelos y la estabilidad de su agregación.

En conclusión, podemos decir que los resultados obtenidos con los tres test de estabilidad de agregados y el análisis de las diferentes muestras de suelos nos

indican que la zona recientemente incendiada tienen suelos menos estables que la incendiada hace más de 10 años. Estas diferencias se repiten en los diferentes horizontes, lo que puede estar indicándonos que no es el fuego el que ha alterado el suelo, sino simplemente que es una característica intrínseca de éste, como lo es la textura más grosera.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer la colaboración recibida por los componentes del *Fysisch Geografisch Bodemkundig Laboratorium* de la *Universiteit van Amsterdam*, y en especial al profesor A.C. Imeson, así como la beca de estancia en el extranjero concedida por la *Conselleria d'Educació i Ciència* (1992). También quiero agradecer la revisión del trabajo a M^a.J. Molina, P.García-Fayos y C. Domingo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMENDROS, G., GONZÁLEZ-VILA, F.J. y MARTIN, F. (1990): Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. *Soil Science*, 149, 158-68.
- BROWN, A.G. (1990): Soil erosion and fire in areas of Mediterranean type vegetation: Results from chaparral in Southern California, USA, and matorral in Andalucía, Southern Spain. En J.B. THORMES (ed.): *Vegetation and erosion: processes and environments*, 269-88.
- CALVO CASES, A. (1987): *Geomorfología de laderas en la montaña del País Valenciano*. I.V.E.I., Col. Politécnica, Valencia, 301 p.
- CERDÀ, A. y CALVO, A. (1991): Influencia del fuego en la escorrentía y la erosión (Serra Grossa. Valencia). *XII Congreso Nacional de Geografía*, Valencia, 23-27.
- DEBANO L.F. y RICE, R.M. (1973): Water-repellency. Their Implications. *Journal of Forestry*, 220-223.
- DEBANO, L.F. (1971): The Effect of Hydrophobic Substances on Water Movement in Soil During Infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35, 340-343.
- DEBANO, L.F. (1981): *Water Repellent Soils: a Start-of-the-art*. USDA General Technical Report PSW-46, 21 p.
- DEBANO, L.F., MANN, L.D. y HAMILTON, D.A. (1970): Translocation of hydrophobic Substances into Soil by Burning Organic Litter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 34, 130-133.
- DÍAZ-FIERROS, F., BENITO, E. y PÉREZ, R. (1987): Evaluation of the U.S.L.E. for prediction of erosion in burnt forest areas in Galicia (NW Spain). *Catena*, 14, 189-199.
- EDWARDS, A.P. y BREMMER, J.M. (1967): Microaggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 18, 64-73.
- EGASHIRA, K., KAETZU, Y. y TAKUMA, K. (1983): Aggregate stability as an index of erodibility of Ando soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 29 (4) 473-481.

- EMERSON, W.W. (1959): The structure of soil crumbs. *Journal of Soil Science*, 10, 235-244.
- FAO (1977): *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. ONU-FAO, 70 p.
- FERNÁNDEZ M.C., GIMENO, P. y GONZÁLEZ, J. (1988): Impacto del fuego sobre ecosistemas edáficos. *II Congreso Nacional sobre la Ciencia del suelo, S.E.C.S./I.R.N.A.*, 603-08.
- GARCÍA-FAYOS, P. (1987): El impacto de los incendios forestales. En *El medio ambiente en la Comunidad Valenciana*, 176-179.
- GIOVANINI, G. y LUCCHESI, S. (1983): Effect of fire on hydrophobic and cementing substances of soil aggregates. *Soil Science*, 136, 231-36.
- GIOVANINI, G., LUCCHESI, S. y GIACHETTI, M. (1988): Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*, 143, 220-226.
- GLANVILLE, S.F. y SMITH, G.D. (1988): Aggregate breakdown in clay soils under simulated rain and effects on Infiltration. *Aust. J. Soil Res.*, 26, 111-120.
- GONZÁLEZ, J., FERNÁNDEZ, M.C. y GIMENO, G.P. (1992): Efectos de los incendios forestales sobre el suelo. *Suelo y Planta*, 71-79.
- GOUDIE, A. (1981): *The Human Impact on the Nature Environment*. Blackwell, Oxford, 388 p.
- IBÁÑEZ, J.J., LOBO, M.C., ALMENDROS, G. y POLO, A. (1983): Impacto del fuego sobre algunos ecosistemas edáficos de clima mediterráneo continental en la zona centro de España. *Boletín de la Estación central de Ecología*, 24, 755-77.
- IGME (1976): *Mapa Geológico de España (E:1/50.000)*. CANALS (Hoja 794).
- IGME (1981): *Mapa Geológico de España (E:1/50.000)*. JATIVA (Hoja 795).
- IMESON, A.C. y VIS, M. (1984): Assessing soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma*, 34, 185-200.
- IMESON, A.C., VERSTRATEN, J.M., VAN MULLIGEN, E.J. y SEVINK, J. (1992): The Effect of Fire and Water Repellency on Infiltration and Runoff under Mediterranean Type Forest. *Catena*, 19, 345-361.
- MORENO, J.M. (1989): Los ecosistemas terrestres mediterráneos y el fuego. *Política científica*, 46-50.
- NAVEH, Z. (1990): Fire in the mediterranean: a landscape ecological perspective. In «Fire in ecosystems dynamics. En GOLDAMMER, J.G. y JENKINS, M.J. (Eds.): *Mediterranean and northern perspective*, 1-20.
- NISHITA, H., HAUG, R.M., HAMILTON, M. y ALEXANDER, G.V. (1970): Influence of soil heating on the growth and elemental composition of bean plants. *Soil Science*, 110, 61-70.
- OECHEL, W.C. (1990): Anticipated effects of elevated atmospheric CO₂ and global change on production, fire frequency, and water yield of mediterranean ecosystems. *El papel del fuego en los ecosistemas mediterráneos*, UIMP. Valencia. 44 p.
- PEÑARROJA FERRER, D. (1991): Precipitaciones a l'extrem oriental de les serres Bètiques. *II Congrés de la Marina Alta*, 583-590.

- QUINN, R.D. (1990): The role of animals in the fire cycle of mediterranean-type ecosystems. *El papel del fuego en los ecosistemas mediterráneos*, UIMP. Valencia, 27 p.
- RUBIO, J.L. (1987): Desertificación en la Comunidad Valenciana: antecedentes históricos y situación actual de la erosión. *Revista Valenciana d'Estudis Autonòmics*, 7, 231-258.
- SANROQUE, P. y RUBIO, J.L. (1982): *El suelo y los incendios forestales*. Diputación de Valencia, 63 p.
- SANROQUE, P., RUBIO, J.L. y MANSANET, J. (1985): Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo en la composición florística y en la erosión hídrica de las zonas forestales de Valencia (España). *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 22, 131-147.
- SAVAGE, S.M., OSBORN, J., LETEY, J. y HEATON, C. (1972): Substance Contributing to Fire-Induced Water Repellency in Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 674-78.
- SENVIK, J. (1988): Soil organic horizon of Mediterranean Forest soils in NE Catalonia (Spain): their characteristics and significance for hillslope runoff, and effects of management and fire. *Catena Supplement*, 12, 31-45.
- SIMMONS, I.G. (1989): *Changing the Face of the Earth: Culture, Environment, History*. Backwell, Cambridge, 487 p.
- ÚBEDA, X., SALA, M. y IMESON, A. (1990): Variaciones en la estabilidad y consistencia de un suelo forestal antes y después de ser sometido a un incendio. *Iª Reunión Nacional de Geomorfología*, 677-685.