

M.D. SORIANO SOTO\*  
C. BOIX FAYOS\*  
A. CALVO CASES\*  
A. IMESON\*\*  
A. CERDÁ BOLINCHES\*  
F. PÉREZ TREJO\*\*\*

## METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL CAMPO EXPERIMENTAL EN ECOSISTEMAS DEGRADADOS EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL (ALICANTE)

### RESUMEN

Se seleccionan tres zonas de estudio en el norte de la provincia de Alicante (España) que presentan un gradiente climático en función de la precipitación y la altitud. En cada una de ellas se eligieron dos laderas con exposición norte y sur en las que se estudian las relaciones suelo-vegetación-procesos.

La relación entre las características climatológicas de las zonas de estudio y su utilización histórica se muestran interesantes desde el punto de vista del estudio de la interacción entre los suelos, la vegetación y los procesos, al mismo tiempo que nos permite tener una visión más amplia de las unidades de respuesta al cambio climático.

### ABSTRACT

Three study zones are located in the north of province of Alicante (Spain). They have been chosen following a climatic gradient so from West to East these sites show less altitude and less precipitation. At each site two slopes facing South and North are taken to study soil-vegetation-processes studies.

The overlapping between the climatological characteristics of the sites and the complex history of land use at each site make much more interesting the interpretation of the interaction between soil-vegetation-processes as well as drive to us to obtain a wider set of Climate Change Response Units.

### INTRODUCCIÓN

La visión integrada del suelo se hizo posible con el desarrollo de la ciencia del suelo hacia el final del pasado siglo, cuando DOKUCHAEV y HILGARD entre otros

---

\* Departament de Geografia. Universitat de València.

\*\* Fysisch Geografisch Bodemkundig Laboratorium. Universiteit van Amsterdam

\*\*\* United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), Geneva.

autores propusieron un nuevo concepto científico del suelo como un cuerpo específico de la naturaleza, que se desarrolla históricamente en el tiempo y espacio en la superficie de la tierra, debido a las interacciones simultáneas y continuas a través del tiempo de los siguientes factores formadores del suelo: litosfera, atmósfera, hidrosfera, organismos vivos y los productos de su vida, la forma de la tierra o el relieve de una localidad (ARNOLD *et al.*, 1990). Actualmente, se considera que tanto el hombre como las condiciones climáticas (regímenes de temperatura y precipitación), tienen una influencia significativa sobre los suelos tanto agrícolas como forestales, causando importantes interacciones entre el suelo y la cubierta vegetal.

Dichas interacciones se traducen en cambios estacionales o permanentes en las propiedades del suelo que marcan horizontes de diagnóstico (argílico, móllico, etc). La reversibilidad de dichos cambios está ligada a las propiedades del suelo y al relieve (erosión).

La evolución histórica de la cubierta natural de los suelos está estrechamente relacionada con la evolución global de los factores edafológicos. GERASSIMOV y GLAZOVSKAYA, (1960) y YAALON (1971) indican que dicha correlación explica que la global evolución de la cubierta del suelo en lo que se refiere a la evolución de los factores edafológicos es irreversible.

La modificación del clima puede producir considerables cambios en la vegetación natural y en el uso del suelo (IGBP, 1989; BOLIN *et al.* 1986; PARRY *et al.* 1990). En los últimos años diversos programas científicos internacionales han sido iniciados para la registración, modelización y previsión de los cambios climáticos globales (IGBP 1988; IGBP 1989; BOLIN *et al.* 1986).

La contribución de este trabajo se establece a partir de la relación en tres zonas climáticas entre los suelos y materiales originarios con la cubierta vegetal y los procesos hidrológicos, estudiando los efectos a nivel de las propiedades modificables mecánicas, físicas, químicas, mineralógicas y biológicas a consecuencia del cambio climático.

En el norte de la provincia de Alicante se seleccionan tres áreas situadas a lo largo de un fuerte gradiente climático. Cocoll, Callosa y Benidorm, fueron seleccionadas después de estudiar las posibilidades potenciales de estas tres zonas, tanto en el campo como en fotografías aéreas.

En estas zonas se intenta establecer la relación entre las condiciones climáticas y la utilización histórica de los suelos, para relacionarlos con el parámetro suelos-vegetación-procesos.

El objetivo general de este proyecto, es desarrollar un conjunto de métodos evolucionistas integrados que podrán ser usados para modelizar el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas y la degradación de la tierra, sobre litologías calizas en condiciones mediterráneas. Estos objetivos serán llevados a cabo por la red integrada evolucionaria todavía bajo desarrollo, para respuestas a estudios de desertificación y base para el entendimiento de las respuestas de procesos climáticos sensitivos críticos. Se realizarán llevando a cabo investigacio-

nes de campo dirigidas a coleccionar los datos necesarios para identificar estos procesos, y comparar sus respuestas a lo largo de un transecto climatológico como prueba y validación del método. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- A. Recopilar una colección de datos básicos sobre las condiciones del suelo, la vegetación e hidrología en relación a las características microclimáticas encontradas a lo largo del transecto:
  - Condiciones microclimáticas: volumen e intensidad de las precipitaciones, temperatura y humedad.
  - Condiciones edafológicas: clasificación de los suelos, caracterización física, química e hidrológica y conocimiento de las temperaturas en superficie.
  - Caracterización de procesos identificables en el campo y en el laboratorio natural y artificialmente (con experimentos de simulaciones de lluvia): capacidad de infiltración, tasas de erosión, producción de escorrentía, encostramiento, resistencia de los agregados a la rotura.
  - Caracterización de la vegetación: grado de cobertura, especies, patrones de distribución y características edafológicas asociadas.
- B. Analizar la información recogida para la identificación y conocimiento de los procesos -clave a lo largo de zonas mediterráneas con gradiente climático.
- C. Identificar patrones espaciales de suelos y vegetación sobre laderas calizas.
- D. Conocer la estabilidad y resistencia del sistema suelo-vegetación a la degradación.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona objeto de estudio está situada en la zona noroeste de la provincia de Alicante (España). Se divide en tres áreas localizadas en la comarca de la Marina (Tabla 1), dentro de la hoja topográfica de Benisa (escala 1:50.000). La primera de ellas denominada Cocoll (CC) se localiza entre las coordenadas 3°33' y 3°32' de longitud este y 38°44' y 38°45' de latitud norte. La segunda zona denominada Callosa (CS) se encuentra situada entre 3°33' y 3°34' de longitud este y 38°40' y 38°41' de latitud norte. La tercera zona de estudio, incluida en esta misma comarca, se localiza en la hoja topográfica de Villajoyosa (escala 1:50.000) próxima al contacto con la de Altea entre las coordenadas 3°29' y 3°30' de longitud este y 38°32' y 38°33' de latitud norte (BE).

Geológicamente enmarcadas dentro del Prebético de Alicante, las tres áreas de estudio se componen de materiales calizos consolidados pertenecientes al Cretácico superior.

Entre los sistemas montañosos más importantes próximos a las áreas de estudio encontramos al norte la Sierra del Peñón (851 m), Sierra del Ferrer (859 m),

la Sierra de Aixorta (1.124 m), La Serrella (1.378 m), la Sierra de Alfaro (1.096 m) y la Sierra de Bernia (1.100 m). En el sureste se encuentran la Sierra Helada (368 m) situada en la misma costa y al suroeste las estribaciones del Puig Campana donde se alcanzan alturas aproximadas 1.200 m. Entre los vértices geodésicos destacan: Cocoll (1045 m), Almedia (686 m), Bernia (1.097 m), Campana (1.406 m) y Rates (780 m).

Entre los cursos de agua próximos se encuentran al norte el río Jalón y al sur el río Algar con su afluente el Guadalest, y algunos de menor importancia como el río de la Tapiada así como numerosos barrancos y ramblas que aportan caudales intermitentes en época de lluvias.

El clima, con ciertas variaciones debido a la diferencia altitudinal, es típicamente mediterráneo con suaves temperaturas en invierno y en verano atemperadas por la influencia del mar. Las heladas son raras exceptuando las zonas más altas de las sierras, siendo frecuente los aguaceros de carácter tormentoso que se originan principalmente al final de la primavera y principios del verano y en el otoño.

Los núcleos de población más importantes se localizan en las proximidades de la costa (Benisa, Altea, Benidorm, etc), encontrándose más al interior municipios también importantes como Callosa d'Ensarrià con una gran tradición agrícola.

Las especies arbóreas silvestres son principalmente el pino y el algarrobo, encontrándose zonas donde domina la carrasca (Carrascal de Parcent). Los bosques son escasos y las zonas altas de las montañas se encuentran en su mayoría desprovistas de vegetación.

Los cultivos de la zona son principalmente la vid y los almendros, aunque en la actualidad existen numerosas zonas dedicadas al cultivo de cítricos y nísperos, principalmente en las proximidades de Callosa, La Nucia y Altea.

Respecto a la ganadería destaca la cabría y en menor proporción la lanar.

Tabla 1: Características generales de las zonas de estudio

Localización	Litología	Series de Vegetación	Usos del suelo
Benidorm	Calizas Senonense	<i>Chamaeropo-Rhamnetum lyciodes</i>	Forestal y agrícola abandonado
Callosa	Calizas Cenomane-Turonense	<i>Quercococciferae-Pistacietum lentisci</i>	Forestal y agrícola abandonado
Cocoll	Calizas Cenomane	<i>Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae</i>	Forestal

#### DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Las tres áreas de estudio se enmarcan en un transecto norte-sur en el noroeste de la provincia de Alicante marcando un gradiente climático y altitudinal.

El área denominada Cocoll (CC) (Tabla 2) se localiza en el municipio de Castell de Castells, en un desvío de la carretera que desde este municipio se dirige a Tárben, pasando por el Pla de Dalt en las proximidades del monte Cocoll. La zona de nuestro estudio se localiza en dos laderas una de ellas de orientación norte y otra de orientación suroeste, en una zona altitudinal alrededor de los 900 m.

La ladera norte presenta una exposición media de 10° (N) y un intervalo altitudinal entre 994 y 1.026 m, con una pendiente media de 20%. Litológicamente se compone de calizas consolidadas biomicritas, con intercalaciones de calizas brechoides pertenecientes al Cenomaniense (Cretácico superior). La vegetación es esencialmente herbácea siendo la especie mayoritaria *Brachipodium retusum*, existiendo algunas especies aisladas de *Quercus ilex*.

La ladera sur se localiza en un intervalo altitudinal entre los 850 y 910 m. Presenta exposición 120° (SE) y una pendiente media de 18%. Litológicamente se compone exclusivamente de calizas consolidadas biomicritas del Cenomaniense (Cretácico superior). La vegetación se distribuye en dos zonas, la superior e inferior se caracteriza por la presencia de *Ulex parviflorus* de gran porte junto a *Rosmarinus officinalis* como especies mayoritarias, siendo la parte media de la ladera con mayor pendiente caracterizada por la presencia de *Brachipodium retusum* y un matorral de porte bajo compuesto por *Cistus albidus*, *Rosmarinus officinalis* y algunas especies aisladas de *Juniperus oxycedrus*.

Desde el punto de vista morfológico ambas laderas son semejantes. Los perfiles están compuestos por tramos rectilíneos de influencia netamente estructural.

La segunda zona de estudio se localiza en las proximidades del municipio de Callosa de Ensaïa (CS), entre la Sierra de la Almedia y la Serra Penya d'Or, en las proximidades del barranco d'Onaer al suroeste del municipio de Bolulla. Presenta una altitud media de 300 m.

La ladera sur se localiza en un intervalo altitudinal entre los 282 y 344 m. Presenta exposición 240° (SO) y una pendiente media de 30%. Litológicamente se compone de calizas consolidadas del Cenomaniense-Turonenses (Cretácico superior). La vegetación se caracteriza por la presencia de *Ulex parviflorus* de gran porte principalmente en la parte inferior de la ladera junto a especies de *Rosmarinus officinalis*, *Cistus albidus* y *Pinus halepensis*, existiendo algunas especies aisladas de *Pistacea lentiscus*.

Morfológicamente la ladera corresponde a un tipo Cantil-Talud típico. El talud presenta tres tramos. La parte alta, al pie del cantil, es una rampa rocosa sin apenas cubierta detrítica excepto en las abundantes diaclasas. Más abajo sigue un tramo, también rocoso pero que se corresponde con un antiguo talud de derrubios muy erosionado. Junto con los tramos rocosos existen zonas de pequeños canchales. Por último, la mitad inferior de la ladera está formada por un talud con mayor potencia de derrubios parte del cual fue destinado a uso agrícola con la construcción de terrazas (hoy abandonadas). Aquí, como veremos más abajo, los suelos son más potentes y la vegetación cambia hacia un sistema más denso dominado por *Ulex parviflorus*.

La zona de menor altitud situada alrededor de los 100 m, se localiza en las proximidades del municipio de Finestrat (BE) en las laderas del monte Cortina, últimas estribaciones del Puig Campana, próximo a la carretera de Benidorm a Finestrat.

Las zonas de nuestro estudio se localizan en dos laderas una de ellas de orientación norteste y otra de orientación sureste.

La ladera norte presenta una exposición media de 75° y un intervalo altitudinal entre 74 y 90 m, con una pendiente media del 15%. Litológicamente se compone de calizas consolidadas pertenecientes al Senoniense (Cretácico superior), con intercalaciones de calizas brechoides en la parte baja de la ladera.

La vegetación se compone de matorral bajo caracterizado por *Stipa tenacissima*, *Rosmarinus officinalis* y *Pistacea lentiscus*, con la presencia de *Brachypodium retusum* y *Pinus halepensis* en la parte baja de la ladera.

La ladera sur se localiza en un intervalo altitudinal entre los 74 y 106 m. Presenta exposición 210°SE y una pendiente media del 20%. La litología es idéntica a la de la ladera norte, presentando la vegetación un menor porte y estando las especies dominadas por la presencia de *Stipa tenacissima*.

Las laderas de BE son las de dimensiones más reducidas pero quizá con una historia erosiva más compleja. Ambas laderas responden a un esquema convexo-recto-cóncavo, en el que la concavidad basal no es más que una serie de segmentos con pérdida progresiva de pendiente debido al relleno del fondo de valle favorecido por su dedicación al cultivo.

Tabla 2: Descripción de las laderas de estudio

Localización	Laderas	Exposición	Altitud	Pendiente	Especies	Morfología
BE	Norte	75°	74-90 m	15°	<i>Stipa/Rosmarinus/Lentiscus/Pinus / Brachypodium</i>	Convexo-recto-cóncavo
BE	Sur	210°	74-106 m	20°	<i>Stipa/Pinus/Brachypodium</i>	Convexo-recto-cóncavo
CS	Norte	10°	280-360 m	25°	<i>Ulex/Rosmarinus/Cistus/Lentiscus/Pinus</i>	Cantil-talud
CS	Sur	240°	282-344 m	30°	<i>Ulex/Rosmarinus/Cistus/Lentiscus/Pinus</i>	Cantil-talud
CC	Norte	10°	994-1026 m	20°	<i>Brachypodium/Quercus</i>	Rectilíneo estructural
CC	Sur	120°	850-910 m	18°	<i>Ulex/Rosmarinus/Chamaeropo/Juniperus/Brachypodium</i>	Rectilíneo estructural

## METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Los aspectos temáticos abordados en el subproyecto de Valencia incluyen tres grandes apartados temáticos: 1) La monitorización de las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) y regímenes térmico e hídrico del suelo en las laderas de las tres zonas de estudio, 2) El estudio detallado de las propiedades de los suelos de cada una de las laderas de trabajo, 3) El estudio de los procesos de erosión.

*Monitorización (clima-regímenes térmico e hídrico de los suelos)**Climatología*

Los datos climáticos básicos han sido recogidos a partir de los servicios Nacionales de meteorología correspondientes a la provincia de Alicante. A partir de dichos datos se han elaborado los datos termopluviométricos de las estaciones de Alcoletja, Callosa y Fontilles, y los datos de precipitación existentes de las estaciones de Gorga, Relleu, Sella, Tàrbena, Xaló, Almudaina, Altea y Bolulla.

Aunque es difícil asignar observatorios a cada una de las zonas de estudio, consideramos a las estaciones de Almudaina, Bolulla y Tàrbena como representativas del clima de la zona norte (CC). La estación de Callosa se sitúa próxima a la zona intermedia (CS) y la estación de Altea es la más cercana a la zona de estudio próxima a Finestrat (BE) (Tabla 3)

*Temperaturas*

Se estudia el régimen térmico de los observatorios mencionados. La disponibilidad de agua en el suelo a través de los balances hídricos de Thornthwaite, índices de humedad y de aridez (Tablas 4 y 5), así como su relación con la productividad biológica.

*Precipitaciones*

Las zonas de estudio se encuentran situadas entre las isoyetas de precipitación de 400 a 800 mm, correspondiendo a la zona de Cocoll la isoyeta de 800 mm, la de Callosa próxima a los 600 mm y la de Finestrat por debajo de los 400 mm. Los tipos climáticos de Thornthwaite se han elaborado para las estaciones siguientes:

Alcoletja. Tipo climático: B2 B'2 s2 b'. Clima: Subhúmedo. Mesotérmico. Importante déficit de agua en verano.

Callosa d'Ensarrià. Tipo climático: D B'2 d e'. Clima: Semiárido. Mesotérmico. Poco o nada superávit de agua en invierno.

Fontilles. Tipo climático: C2 B'3 s2 a'. Clima: Subhúmedo. Mesotérmico. Déficit importante de agua en verano.

Tabla 3. Tipos climáticos de los lugares de estudio

Estación	Tipo Climático	Clima
Benidorm (Estación Altea)	DB'2de'	Semiárido. Mesotérmico. Poco o nulo exceso de agua en invierno
Callosa (Estación Callosa)	C2B'3s2a'	Subhúmedo. Mesotérmico. Déficit de agua en verano.
Cocoll (Estación Tàrbena)	B2B'2s2b'	Subhúmedo. Mesotérmico. Déficit de agua en verano.

Tabla 4. Datos de temperaturas de las zonas de estudio

Estación	Tm °C	Tm máx °C	Tm mín °C	Tm mes cálido	Días heladas	Período heladas	Ih	Ia
BE	17.52	22.18	12.85	31.2	1.4	Enero	0.0	44.4
CS	16.23	21.87	10.59	-	-	Enero	-	-
CC	13.47	16.89	10.05	26.8	27.2	Dic- Marzo	34.7	39

Tabla 5. Datos de precipitación de las zonas de estudio

Estación	Pp. anual	Pp. m inv	Pp. m prima	Pp. m verano	Pp. m otoño	D9
BE	383.0	114.6	95.8	36.6	130.0	509.9
CS	456.5	151.7	124.8	34.4	145.9	628.4
CC	853.3	290.3	221.0	55.6	286.5	1507.8

#### Monitorización

Han sido instaladas tres estaciones meteorológicas automáticas en las laderas sur de Benidorm, Callosa y Cocoll. La instrumentación consiste en un *datalogger* que recoge la intensidad de la precipitación, temperatura del aire y humedad relativa en intervalos de 5 minutos.

Cada uno de los *datalogger* recoge 6 sensores de temperatura instalados en los primeros tres centímetros del suelo, que miden la temperatura del suelo al mismo tiempo. Otros tres *datalogger* han sido instalados en las laderas norte de las tres zonas de estudio y en cada uno de ellos se conectaron ocho sensores de temperatura distribuidos entre las diferentes tipos de superficies y cubiertas vegetales de cada ladera.

#### Humedad del suelo

Su estudio se lleva a cabo mediante el seguimiento de la evolución temporal de la humedad. Para ello se analiza la capacidad de retención de agua y su relación



con las diferentes propiedades físicas de los suelos, a partir de la toma de muestras no alteradas recogidas en superficie y a lo largo de la profundidad del perfil de suelo.

El análisis de las variaciones temporales de la humedad del suelo se realiza mediante un seguimiento gravimétrico mensual en diferentes superficies tipo de cada una de las seis laderas de estudio, realizadas en superficie y en profundidad.

#### *Estudio de los suelos*

En las seis laderas se estudian las características de los suelos en detalle a partir de diferentes perfiles distribuidos en transectos a lo largo de éstas (ver tabla 6)

Tabla 6. Distribución de los perfiles de suelo

Zonas	Exposición	Nº Perfiles	Nº Muestras
Benidorm	Sur	4	8
	Norte	5	10
Callosa	Sur	4	13
	Norte	4	9
Cocoll	Sur	5	13
	Norte	4	9
Total		26	63

#### *Determinaciones analíticas*

Como paso previo a las determinaciones específicas se realiza la extensión de muestras, su secado al aire, el tamizado a 2mm y la molienda fina para la determinación de algunas propiedades químicas.

- Análisis granulométrico y determinación de la textura, se realiza con eliminación de carbonatos y tratamiento con agua oxigenada de 30 v para la destrucción de la materia orgánica. La fracción arena se determina por tamizado en húmedo y posterior separación en subfracciones por tamizado en seco. La arcilla y el limo se separan por sedimentación, siguiendo el método de la pipeta de Robinson, tal como se describe en los Métodos oficiales del Ministerio de Agricultura (1986).
- El pH se mide en el extracto suelo-agua y suelo-Cl<sub>2</sub>Ca 1:2.5, mediante un pHmetro con electrodo de vidrio.
- La salinidad se determina con el extracto agua-suelo 1:5 utilizando una célula conductimétrica y un puente de medida de conductividades eléctricas (RICHARDS, 1969).
- Los carbonatos se determinan midiendo el volumen de anhídrido carbónico desprendido al atacar el suelo con ácido clorhídrico, según el método del calcímetro de Bernard, tomado de DUCHAUFOR (1965).

- Materia orgánica se determina por oxidación con dicromato potásico en exceso, valorando éste con sulfato ferroso según describe JACKSON (1958).
- La capacidad de intercambio catiónico se realiza por saturación del complejo de cambio por lixiviación con acetato sódico 1N a pH 8.2, lavado con alcohol y desplazamiento del sodio con acetato amónico 1N a pH 7. El sodio se determina por absorción atómica.

La determinación de las bases de cambio se realiza por desplazamiento con acetato amónico 1N a pH 7, y posterior determinación de sodio, calcio, potasio y magnesio por absorción atómica.

#### *Procesos geomorfológicos*

El estudio de los procesos geomorfológicos ha sido abordado con métodos que nos permitan obtener resultado a corto plazo. Por ello se ha optado como metodología fundamental por la realización de mediciones sobre la actividad de la escorrentía superficial a partir de experimentos de campo con lluvia simulada.

Para ello se han establecido en cada una de las tres zonas de estudio, una serie de parcelas que según la distribución de la tabla adjunta intentan ser representativas de los distintos ambientes edáficos, de cobertura vegetal y morfológicos de cada ladera.

Sobre cada parcela se realizan pruebas de simulación de lluvia de una hora de duración a una intensidad de 55 mm/h con un simulador aspersor similar al descrito en CALVO *et al.* (1988).

Los experimentos incluyen el cálculo del Coeficiente de escorrentía y de la Concentración de sedimentos en cada una de las parcelas, tomando diferentes muestras de la escorrentía a lo largo del experimento, y la toma de dos muestras superficial y subsuperficial antes y después de cada experimento para cuantificar la humedad del suelo inicial y final y caracterización del frente de humedad.

Hasta el momento presente los experimentos se han realizado en las parcelas en dos ocasiones: en el verano de 1992 y en invierno (febrero-marzo, 1993); con el fin de obtener datos sobre la respuesta hidrológica y erosiva en condiciones extremas de contenido de agua del suelo (ver tabla 7)

Tabla 7. Distribución de las parcelas de simulación

Localización	Ladera Exposición	Nº Parcelas	Nº experimentos	
			Verano	Invierno
Benidorm	S	10	10	9
	N	10	10	10
Callosa	S	12	12	10
	N	9	0	9
Cocoll	S	10	10	9
	N	10	0	9
Total		61	42	56

Las parcelas de simulación caracterizan los diferentes ambientes de las laderas. Se sitúan en tres frentes a lo largo de dichas laderas en exposición norte y sur, que incluyen: parte alta, media y baja. Respectivamente, se distribuyen en los siguientes ambientes:

- Máxima pendiente y vegetación muy desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Mínima pendiente y vegetación muy desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Máxima pendiente y vegetación muy desarrollada baja pedregosidad superficial
- Mínima pendiente y vegetación muy desarrollada baja pedregosidad superficial
- Máxima pendiente y vegetación poco desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Mínima pendiente y vegetación poco desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Máxima pendiente y vegetación poco desarrollada baja pedregosidad superficial
- Mínima pendiente y vegetación poco desarrollada baja pedregosidad superficial
- Pendiente media y vegetación muy desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Pendiente media y vegetación poco desarrollada elevada pedregosidad superficial
- Pendiente media y vegetación muy desarrollada baja pedregosidad superficial
- Pendiente media y vegetación poco desarrollada baja pedregosidad superficial

Dentro de los ambientes citados el factor primordial es diferente en función del lugar. En el caso de Finestrat (BE) los procesos dominantes son la elevada actividad biológica debida a la presencia de anélidos. Para Callosa (CS) el factor de variación decisivo es la elevada pendiente. Para Cocoll (CC) es la destrucción de la estructura a causa de incendios forestales.

Tabla 8. Descripción de parcelas de simulación de lluvia

Parcela	Exposición	Pendiente	%Líquenes	%Musgo	%C.V	%Pedregosidad	%Rocas	%HM 0-3 cm	%HM 3-6 cm	Coef. Esc.	Dens. Ap.
BE51	221	15	0	0	2	10	60	1.60	2.88	0.43	0.94
BE56	190	24	0	0	0	90	0	2.08	1.45	0.31	1.07
CS62	230	25	0	0	15	60	0	7.39	6.90	0.37	1.04
CS60	224	20	0	0	30	4	0	3.99	5.18	0.051	1.03
CC58	130	5	0	0	5	80	4	3.51	3.60	0.02	0.94
CC59	144	25	0	0	60	40	20	1.66	3.45	0.01	1.11

*Vegetación*

Como paso previo al estudio de la cubierta vegetal y su efecto sobre la distribución del suelo, se ha realizado la caracterización de la vegetación a través de inventarios

Tabla 9. Distribución de las parcelas de vegetación

Ladera	Parcelas	Posi- ción	Exposi- ción	Pen- diente	Vegeta- ción %	Tipo	Pedregos- idad %	Ro- cas %	Mues- tras
CCN	CCZAN	Baja	25	8	75	<i>Quercus/</i> <i>Brachypodium</i>	80	5	3
CCN	CCZBN	Media	2	6	70	<i>Cystus/</i> <i>Brachypodium</i>	90	20	2
CCN	CCZCN	Alta	355	13	95	<i>Cystus/</i> <i>Brachypodium</i>	85	7	2
CCS	CCZAS	Baja	140	16	90	<i>Ulex/</i> <i>Rosmarinus</i>	80	30	2
CCS	CCZBS	Media	120	20	60	<i>Cystus/</i> <i>Rosmarinus</i>	90	10	2
CCS	CCZCS	Alta	115	13	90	<i>Ulex/Cystus</i>	90	10	2
CSN	CSZAN	Baja	20	15	70	<i>Rosmarinus/</i> <i>Ulex</i>	70	2	2
CSN	CSZBN	Media	15	25	60	<i>Rosmarinus/</i> <i>Ulex</i>	85	15	2
CSN	CSZCN	Alta	35	22	40	<i>Rosmarinus/</i> <i>Cystus</i>	80	35	1
CSS	CSZAS	Baja	255	23	60	<i>Ulex</i>	85	2	2
CSS	CSZBS	Media / baja	240	30	60	<i>Lentiscus/</i> <i>Ulex</i>	95	35	2
CSS	CSZCS	Media / alta	245	25	70	<i>Rosmarinus/</i> <i>Lentiscus</i>	90	30	2
CSS	CSZDS	Alta	250	21	60	<i>Rosmarinus/</i> <i>Lentiscus</i>	90	40	1
CSS	CSZES	Alta	250	12	80	<i>Lentiscus/</i> <i>Rhamnus</i>	70	30	1
CSS	CSZFS	Media alta	235	15	30	<i>Lentiscus/</i> <i>Rosmarinus</i>	90	30	2
BEN	BEZAN	Baja	40	11	50	<i>Pinus/Erica</i>	90	10	3
BEN	BEZBN	Media	30	12	98	<i>Brachypodium/</i> <i>Stipa</i>	40	0	2
BEN	BEZCN	Alta	36	15	80	<i>Brachypodium/</i> <i>Stipa</i>	50	3	2
BES	BEZAS	Baja	210	25	60	<i>Brachypodium</i>	70	10	2
BES	BEZBS	Media	225	18	50	<i>Stipa</i>	98	25	2
BES	BEZCS	Alta	190	13	60	<i>Stipa/</i> <i>Brachypodium</i>	90	30	3

cualitativos y cuantitativos y su distribución a lo largo de las seis diferentes laderas de estudio en las distintas orientaciones para plasmar cartográficamente de forma diferencial la distribución espacial de las especies vegetales.

Para establecer las relaciones entre la vegetación y las propiedades superficiales del suelo se realiza una evaluación experimental en tres parcelas en cada una de las laderas a excepción de CS sur donde existen seis parcelas. Dichas parcelas presentan un tamaño aproximado de 10x10 m. En ellas se toman diferentes muestras con periodicidad mensual y siempre en los mismos puntos, en las que se determina: humedad gravimétrica, densidad aparente, materia orgánica, pH, conductividad, macroagregación, microagregación y estabilidad de los agregados, propiedades que pueden presentar variaciones estacionales.

En total se toman mensualmente 37 muestras (horizontes superficiales y subsuperficiales), intentando caracterizar diferentes condiciones dentro de cada parcela (ver tabla 9).

Tabla 10. Metodología en Unidades de Respuesta

Condiciones	Características	Parámetros
Geomorfológicas	Generales	Orientación Pendiente Pedregosidad Espesor del suelo
Geológicas	Generales	Litología Permeabilidad Estabilidad Vulnerabilidad
Edafológicas	Físicas	Textura Estabilidad de agregados Tamaño de agregados
	Químicas	Carbonatos Materia orgánica
	Hidrológicas	Coefficiente de escorrentía Contenido en humedad Capacidad de retención de agua Tasa de erosión
Fitosociológicas	Generales	Tipo de vegetación
Climáticas	Generales	Temperatura Precipitación Torrencialidad

### *Cartografía*

Se construyó una base de datos realizando una recopilación geodésica de cada uno de los lugares de estudio. Utilizando una base de datos digital se construyó la cartografía de cada ladera (mapa contorno), en el que se localizaron las parcelas de vegetación y de simulación de lluvia, los perfiles de suelos, las estaciones meteorológicas y sensores de temperatura.

### *Procesos- unidades de respuesta (vegetación, materiales originarios, perfiles de suelos)*

Como finalidad del proyecto se pretende identificar los procesos dominantes en cada uno de los lugares de estudio, con especial importancia en lo que se refiere a las propiedades del suelo principalmente a la estructura del mismo, propiedades hidrológicas y su relación con la distribución de la vegetación (tabla 10). Se pretende establecer secuencias en la distribución de la vegetación con respecto a la distribución de los perfiles de suelo y sus propiedades.

De esta forma los primeros datos confirman la idea preliminar sobre las diferencias graduales en las propiedades del suelo, producto de las diferencias climáticas graduales en las tres zonas de estudio y de las diferentes utilidades del suelo.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo se está realizando con financiación del proyecto EV5V-CT91-0023 suscrito con la Comisión de las Comunidades Europeas.

### BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLD, R.W.; SZABLCS, I; TARGULIAN, V.O. (1990): *Global Soil Change. Report of an IIASA-ISS-UNEP Task Force on the Role of Soil in Global Change*. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria.
- BLACK, C.A. (1965): *Relaciones suelo-planta*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- BOLIN, B.; DÖÖS, B.R.; JÄGER, J.; WARRICK, R.A. (Eds.) (1986): *The greenhouse effect, climatic change, and ecosystems*. SCOPE 29. Wiley, New York.
- BREMMER, J.M. (1965): *Total nitrogen*. In *methods of soil*. American Society of Agronomy. Part 2, 1149-1178.
- CALVO, A.; GISBERT, J.B.; PALAU, E.; ROMERO, M. (1988): Un simulador de lluvia de fácil construcción. En GALLART, F. and SALA, M. (Eds.): *Métodos y técnicas para la medición de procesos geomorfológicos*, Sociedad Española de Geomorfología, Monografía nº 1, Barcelona 6-16.
- COSTA, M. (1986): *La vegetación en el País Valenciano*. Servicio de Publicaciones. Universitat de Valencia. Valencia.
- DEMOLON, A. (1965): *Dinámica del suelo*. Ed. Omega. Barcelona.
- DUCHAUDOUR, P. (1965): *Precis de pedologie*. Masson et Cie. París.
- DOKUCHAEV, V.V. (1951): *Selected works*. Publishing House of the USSR. Academy Sciences, Moscow, Vol. 5.

- ELÍAS CASTILLO, F., RUIZ BELTRÁN, L. (1977): *Agroclimatología de España*. INIA. Cuad. 7. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- F.A.O. (1977): *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Roma.
- F.A.O.-U.N.E.S.C.O. (1989): *Soil Map of the World*. 1:5.000.000. I. Revised Legend. Roma.
- GARCÍA LOZANO, J., GONZÁLEZ BERNALDEZ, F. (1976): *Métodos para análisis de las propiedades físicas del suelo*. Centro de Estudios Hidrográficos. M° de Obras Públicas. Madrid.
- GAUSSEN, H. (1954): Theories et classification des climats et microclimats. *VIII Congres Inter. Bot. Act.* 7 ret 3, 125-130.
- GERASSIMOV, J.P.; GLAZOVAKAYA, M.A. (1960): *Principles of soil Science and Geography of Soils*. Publishing House Geographiz. Moscow.
- HENIN, S., FEODOROFF, A., GRAS, R., MONNIER, G. (1960): *Le profil cultural Principes de physique du sol*. S.E.I.A. Paris.
- IGBP (1988): *A study of global change. A plan for action. Global Change IGBP Report n° 4*.
- IGBP (1989): *Effects of atmospheric and climate change on terrestrial ecosystems. Global Change IGBP Report n° 5*.
- IGME (1961-1981-1960): *Mapa geológico de España*. Esc. 1:50.000. Hojas de Benisa 822, Villajoyosa 847 y Altea 848. Serv. de Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- INST. GEOGR. NAC. (1985): *Fotografías aéreas a escala 1:30.000 del vuelo nacional H.M.N. 822, 847 y 848*. (Hojas de Benisa, Villajoyosa y Altea).
- I.T.C. (1979): VII-6, *Terrian analysis and classification using aerial photographs*. Enschede.
- JACKSON, M.L. (1958): *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliff. Londres. 480 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1986): *Métodos oficiales de análisis de suelos*. Tomo III. 178-188.
- PARRY, I.M., CARTER, T.R.; KONIJN N.T. (1990): *The impact of climatic variations on agriculture*. Vol.1: Assessment in cool temperature and cool regions. Vol. 2. Assessment in semi-arid regions. Reidel, Dordrecht.
- PEECH, M. (1945): Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils-rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. *Soil Sci.* 59, 25-38.
- PRIMO YUFERA, E., CARRASCO DORRIEN, J.M. (1973): *Química Agrícola I: Suelos y fertilizantes*. Alhambra. Madrid.
- RICHARDS, L.A.(1964): *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook*, n°6. USDA.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1981): Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et series de vegetacion de l'Éspagne mediterraneenne. *Ecología Mediterránea*. 8 (1-2): 275-288. Marsella.
- STUBING, G. (1985): *Estudio fitosociológico y catenal de los matorrales seriales termófilos valencianos*. Tesis Doctoral. Fac. Farmacia. Univ. Valencia (inéd).

- TAMES, C. (1949): Bosquejo de clima de España según la clasificación de C.W. Thorntwaite. *INIA Bol*, 9 (20), 49-124.
- VINK, A.P.A. (1963): *Aerial photographs and the soil Sciences*. UNESCO. París.
- WALLKEY, A., BLACK, I.A. (1934): An examination of the Degtjarett method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37, 29-38.
- YAALON, D.H. (Ed.) (1971): *Paleopedology: origin, nature and dating of paleosols*. Israel Univ. Press, Jerusalem.