



PHICARIA

II ENCUENTROS INTERNACIONALES
DEL MEDITERRÁNEO

Del 19 al 21 de Abril de 2013

USO Y GESTIÓN
DE RECURSOS NATURALES
EN MEDIOS SEMIÁRIDOS
DEL ÁMBITO MEDITERRÁNEO



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DEL MAR



CAMPUS MARE NOSTRUM

**EL SUELO, RECURSO BÁSICO DE LOS ECOSISTEMAS
TERRESTRES. VULNERABILIDAD DE LOS AMBIENTES
SECOS MEDITERRÁNEOS**

FRANCISCO LÓPEZ BERMÚDEZ

EL SUELO, RECURSO BÁSICO DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES. VULNERABILIDAD DE LOS AMBIENTES SECOS MEDITERRÁNEOS

FRANCISCO LÓPEZ BERMÚDEZ

RESUMEN: El suelo es un recurso básico de la naturaleza, de los ecosistemas terrestres, patrimonio natural, económico y cultural imprescindible para la sustentabilidad global. Es soporte de la vegetación, de la agricultura y base de la producción alimentaria mundial. La degradación o pérdida de suelo fértil por erosión y contaminación, influye en la vitalidad y composición de los ecosistemas agrícolas y forestales induciendo a ecosistemas y agrosistemas cada vez más pobres y frágiles.

PALABRAS CLAVE: Mediterráneo, suelo, ecosistemas, aridez, erosión, desertificación

ABSTRACT. *The soil, basic resource of the terrestrial ecosystems. Vulnerability of the dry Mediterranean environments.* The soil is a basic resource of the nature, of the terrestrial ecosystems, natural, economic and cultural heritage for the global sustentabilidad. It is support of the vegetation, of the agriculture and base of the food world production. The degradation or loss of fertile soil for erosion and pollution, influences the vitality and composition of the agricultural and forest ecosystems inducing to ecosystems and agrosistemas more and more poor and fragile.

KEYWORDS: Mediterranean, soil, ecosystems, aridity, erosion, desertification

1. Introducción: El suelo, recurso básico de todos los ecosistemas terrestres.

Suelo y Agua, son recursos vitales de la naturaleza, del medio ambiente, son centro de los ecosistemas terrestres, soportes de las áreas agrícolas y forestales. Principales protagonistas del desarrollo humano y de la calidad de vida. El suelo, recurso clave, es la parte superficial de la corteza terrestre, interfase entre litosfera y biosfera, un sistema dinámico y complejo donde se dan un gran número de procesos físicos, químicos y biológicos resultado de la interacción de rocas, clima, topografía, factores biológicos y tiempo. Como la formación del suelo es un proceso extremadamente lento, acentuado en los ecosistemas secos, puede considerarse que no es un recurso renovable.

El suelo es un componente esencial de la biosfera terres-

tre, soporte para el crecimiento de las plantas y medio a través del cual estas toman el agua y los nutrientes que necesitan para su desarrollo. El suelo es el fundamento de la agricultura (Fig. 1), la base para más del 90% de los alimentos de los seres humanos y los animales. Además, el suelo sirve de plataforma para las actividades humanas y constituye un elemento del paisaje y un archivo del patrimonio cultural. A su vez, desempeña un papel central como hábitat y patrimonio genético. Almacena, filtra y transforma muchas sustancias, incluidos el agua, los nutrientes y el carbono. De hecho, es el mayor «almacén» de carbono del mundo (1500 gigatoneladas) (CCE, 2006). En efecto, los suelos contienen, aproximadamente, el doble de carbono que la atmósfera y tres veces la cantidad de ese elemento que se encuentra en la vegetación, por lo que una gestión deficiente puede acarrear consecuencias catastróficas de cambio climático (CCE, 2009). En

consecuencia, por todas las funciones que desempeña, por su importancia socioeconómica y ambiental, los suelos deben ser bien usados, gestionados y protegidos.



Figura 1. El suelo, con el agua, es el recurso más vital para la humanidad. Es la base de la agricultura y de la producción de alimentos. Campo de lechugas. Calasparra. Murcia.

Dos documentos básicos sobre la importancia del suelo y su protección son, la *Carta de los Suelos del Consejo de Europa* (Consejo de Europa, 1972) y la *Carta Mundial de los Suelos* (FAO, 1982). Las directrices básicas de la primera son:

- El suelo es uno de los bienes más apreciados de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, los animales y las personas en la superficie de la Tierra.
- El suelo es un recurso limitado y fácil de destruir.
- La sociedad industrial utiliza el suelo para la agricultura, la industria y otros fines. La política de ordenación del territorio debe concebirse en función de las propiedades del suelo y de las necesidades de la población actual y futura.
- Los agricultores y silvicultores deben aplicar métodos que preserven la calidad del suelo.
- Los suelos deben ser protegidos contra la erosión.
- Los suelos deben ser protegidos contra la contaminación.
- El desarrollo urbano debe ser organizado de manera que se cause el menor daño posible a las áreas vecinas.
- La repercusión de las obras de ingeniería civil sobre los suelos debe ser evaluada para adoptar las medidas de protección adecuadas.
- Es indispensable un inventario del recurso suelo.

- Para la utilización racional del recurso suelo es necesario un esfuerzo de investigación científica y colaboración interdisciplinar.

- La conservación del suelo debe ser materia de enseñanza a todos los niveles y de información pública actualizada.

- Los gobiernos y las autoridades deben impulsar la planificación y administración racional de los recursos del suelo.

Por su lado, la *Carta Mundial de los Suelos*, recomienda hacer efectivos los siguientes principios:

- Entre los principales recursos de que dispone el hombre están los sistemas de tierras y aguas, así como el reino vegetal y animal asociados con ellos: el uso de estos recursos no debería provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su constante productividad.

- Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, así como la necesidad cada vez mayor de aumentar la producción alimentaria, es absolutamente necesario dar gran prioridad al fomento de un uso óptimo de las tierras, al mantenimiento y al mejoramiento de la productividad y conservación de los suelos.

- Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, como consecuencia de procesos tales como la erosión hídrica, erosión eólica, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes, el deterioro de la estructura de los suelos, la desertificación y la contaminación. Además, se pierden diariamente importantes extensiones de suelos, al destinarlos a usos no agrícolas.

- La degradación de los suelos repercute directamente en la agricultura, al disminuir los rendimientos de los cultivos y los recursos hídricos, pero también se ven gravemente afectados otros sectores de la economía y el medio ambiente.

- Una de las principales responsabilidades de los gobiernos, es que incorporen medidas para el mejor uso posible de los suelos, para el mantenimiento y mejoramiento a largo plazo de su productividad, evitando que se pierdan suelos productivos. En este empeño deberían participar las organizaciones no gubernamentales y los usuarios de las tierras para asegurar que se utilicen todos los recursos disponibles del modo más racional posible.

- La concesión de incentivos apropiados para la agricultura y un marco técnico institucional y jurídico idóneo son condiciones básicas para lograr un buen aprovechamiento de las tierras.

- La ayuda que se preste a los agricultores y otros usuarios deberá estimular la adopción de medidas para lograr una buena explotación de las tierras.

- Ciertas estructuras de tenencia de tierras pueden constituir un obstáculo para la adopción de medidas válidas de ordenación y conservación de suelos en las explotaciones agrícolas. Habrá que buscar modos y medios para superar dichos obstáculos respetando los derechos, las obligaciones y las responsabilidades de los propietarios, los arrendatarios y los que explotan las tierras, de conformidad con las recomendaciones de la Conferencia Mundial sobre Reforma Agraria y Desarrollo Rural (Roma, 1979).

- Debería mantenerse bien informados a los que explotan las tierras y al público en general sobre la necesidad y los medios de mejorar la productividad y la conservación de los suelos. Debería hacerse especial hincapié en la instrucción y programas de extensión y capacitación del personal agrícola a todos los niveles.

- Con el fin de lograr una utilización óptima de las tierras, es importante evaluar los recursos de suelos de los países en función de su idoneidad a diferentes niveles de insumos para distintos tipos de aprovechamiento de tierras, incluida la agricultura, el pastoreo y la silvicultura.

- Las tierras que tengan varios aprovechamientos deberán explotarse de manera flexible, para no descartar así durante largo tiempo o para siempre, futuras opciones a otros posibles usos. El aprovechamiento de las tierras para fines no agrícolas debería organizarse de modo que se evite, la ocupación o la degradación permanentes de los suelos de buena calidad.

- Las decisiones sobre el uso y la ordenación de las tierras y de sus recursos deberían favorecer el beneficio a largo plazo más que el beneficio a corto plazo, que puede dar lugar a la explotación, la degradación y la posible destrucción de los recursos de los suelos.

- Las medidas de conservación de las tierras deben incluirse en la fase de planificación correspondiente al desarrollo de las tierras y los costos deben estar comprendidos en los presupuestos de planificación del desarrollo.

En resumen, suelo es un componente natural clave del medio ambiente, imprescindible para la biodiversidad y mitigar los efectos negativos del cambio climático. Patrimonio natural, económico y cultural de la humanidad, necesario e indisoluble de la sostenibilidad global y, a la vez, un recurso muy sensible a la degradación, por la práctica de actividades humanas inadecuadas en los ambientes secos mediterráneos.

2. Vulnerabilidad climática de las regiones secas mediterráneas.

Las tierras secas mediterráneas (aquellas que tienen una *ratio Precipitación/ Evapotranspiración* inferior a 0.65) son vulnerables y frágiles a los fenómenos e impactos físicos y humanos extremos. Espacios sensibles y complejos en donde las interacciones clima-recursos naturales-humanos mantienen, con frecuencia, un precario equilibrio. La irregularidad del ciclo hidrológico, el déficit de agua, la elevada radiación solar, las temperaturas medias relativamente altas y la aridez más o menos acusada, definen el sistema climático mediterráneo seco, como el del Sureste peninsular.

Los factores que determinan el clima son:

(a) Factores atmosféricos: Circulación atmosférica encrucijada aerológica de transición, influencia de las masas de aire y de la circulación en altitud. La península Ibérica se encuentra en la Latitud, 36° N - 43° 50' N, en el borde septentrional de las altas presiones subtropicales.

(b) La función de pantalla orográfica de los relieves. El efecto orográfico se manifiesta por la presencia de zonas de sombra pluviométrica o abrigo aerológico de las masas húmedas atlánticas por la orientación, envergadura y energía del relieve de las cordilleras, que determina su desecación y calentamiento por el llamado *efecto foehn*, como es el caso de la intervención de las Cordilleras Béticas en el Sureste peninsular;

(c) Características físicas de un mar cálido como es el Mediterráneo. Las temperaturas de las aguas superficiales en invierno oscilan entre los 12 y 15 °C, mientras que en verano la fuerte insolación eleva las temperaturas hasta los 25-30 °C, sus aguas en superficie pueden alcanzar, e incluso rebasar, los 30 °C (AEMET, 2013; tiempo.com, 2013; meteoprog.es, 2013). Desde 1980, se constata que la temperatura media del mar Mediterráneo ha aumentado 1 °C, este incremento, aunque mínimo de año en año, se produce de forma continua y constante con una aceleración desde los años 90, como se verifica en el seguimiento que se viene realizando de la temperatura superficial. El Mediterráneo occidental es cada vez más caliente y salado (Vargas-Yañez *et al.*, 2010)

(d) Conexión global con el fenómeno de la NAO (Oscilación del Atlántico Norte). Si el Atlántico queda más frío, el anticiclón de las Azores se refuerza y extiende su área. El paso de las borrascas se desplaza hacia el N y no llueve en latitudes más bajas: sequía en las tierras mediterráneas. Si el anticiclón se debilita y/o se desplaza hacia el S o hacia latitudes más altas, la situación se desbloquea, las borrascas siguen una trayectoria más baja, acceden a la cuenca mediterránea y llueve;

(f) Influencia de la dinámica del Sahara. El aire subtropical continental de origen sahariano que, con cierta frecuencia accede a las tierras del Mediterráneo Norte en forma de masas de aire muy cálido, seco y cargadas de grandes cantidades de partículas de arena fina, conserva sus características de alta temperatura y sequedad que contribuye a la acidificación del territorio, sobre todo, cuando la lluvia arrastra al suelo los aerosoles en suspensión. Se registra entonces lo que se conoce como “lluvias de barro” que afectan, seriamente, a los suelos, a la vegetación, a los humedales, a las aguas de superficie, etc.

Estos factores determinan la vulnerabilidad del territorio ante las precipitaciones intensas, los procesos de erosión, las inundaciones, la sequía y al cambio climático. Si bien, en este último fenómeno, la intervención del hombre es la causa principal.

3. Los ecosistemas mediterráneos, un patrimonio en constante regresión.

La intervención humana sobre el medio físico, sobre los paisajes naturales, presenta dos aspectos básicos: geomorfológico y biológico. La intervención en los mecanismos geomorfológicos la realiza con los grandes movimientos de tierras, alterando relieves, modificando pendientes, transformando ecosistemas y paisajes naturales, minería a cielo abierto, con cambios hidrológicos, acelerando procesos erosivos, etc., es la *huella geomorfológica* del hombre en los paisajes mediterráneos que se ha ido intensificado en las últimas décadas.

El hombre interfirió los procesos biológicos originales desde el principio de la colonización, desde el Neolítico a la

actualidad, transformándolos y creando otros nuevos adaptados, más o menos, a las condiciones climáticas, topográficas y edáficas (Ibáñez *et al.*, 1997). La intervención humana en los ecosistemas, en los paisajes, desencadena, casi siempre, una perturbación en el equilibrio natural, tanto más acentuada cuanto más frágil o vulnerable sea este equilibrio.

Por otro lado, la intensidad de las acciones humanas difiere de una a otra región, de un país a otro, y de un período histórico al siguiente, en función de la presión demográfica, tipo de sociedad, situación socio-económica y avance tecnológico. Sin embargo, no todas las intervenciones humanas han deteriorado los ecosistemas y degradado el suelo, algunas técnicas han permitido una explotación sostenida y respetuosa del suelo durante siglos como, por ejemplo, con la construcción de terrazas de cultivo en ladera (Fig. 2), con el sistema de boqueras instalado en muchas ramblas, con métodos de labranza adecuados al tipo de suelo y pendiente de las laderas, etc. Sin embargo, el despoblamiento rural, en diversos períodos históricos, acelerado a partir de los años 60 del pasado siglo, ha producido el abandono de estos seculares y respetuosos métodos y las correlativas medidas de conservación, ocasionando su destrucción y activando los procesos de erosión.

4. La erosión, un proceso natural acelerado por el hombre.

La erosión del suelo es un fenómeno natural, de desgaste, dependiente de factores climáticos, tectónicos, topográficos, litológicos, edáficos y bióticos, es la “*erosión natural, normal o geológica*” que ha esculpido la superficie de la Tierra a lo largo de millones de años y que continúa en la actualidad modelando los paisajes naturales. El problema es que la “piel de



Figura 2. El sistema de terrazas con muros de piedra seca en ladera y taludes de tierra compactada, es un sistema ancestral para el cultivo en ladera que minimiza la erosión del suelo y favorece la infiltración del agua de escorrentía. Sin embargo, el despoblamiento del campo y el abandono de las buenas prácticas de conservación del suelo, están ocasionando el deterioro de muros y taludes activando la erosión del suelo.



Figura 3. La supresión del árbol, matorral, espartal y herbáceas, las roturaciones del suelo inadecuadas y otras prácticas desaconsejadas, desencadena intensos y rápidos procesos de erosión por incisiones profundas y colapsos que originan grandes cárcavas como muestra la imagen. Altas tierras de Lorca.

la Tierra” (el suelo agrícola y forestal) es delicada y frágil, y está desapareciendo con tasas, muchas veces, alarmantes a causa de que la intervención humana ha interferido, incrementado y solapado con la erosión natural originando la “*erosión antrópica o erosión acelerada*”. Este tipo de erosión del suelo es considerado como uno de los riesgos más importantes asociado al uso del recurso, por desencadenar efectos negativos locales y generales sobre la fertilidad de la tierra y porque altera el sistema suelo-agua-vegetación (Fig. 3). El deterioro del suelo debido a la erosión constituye uno de los problemas medioambientales más importantes en las tierras mediterráneas. Localmente, en los terrenos forestales y agrícolas, se pierde la capa de suelo más fértil ocasionando una disminución de la calidad del suelo ya que la mayoría de los nutrientes se hallan en la parte superficial. La erosión conduce a la pérdida de productividad y complejidad biológica y en consecuencia al empobrecimiento del suelo y, a la vez, deteriora sus propiedades físicas reduciendo la permeabilidad, la infiltración del agua y la capacidad de retención de agua. Esta merma en la infiltración ocasiona un aumento de la escorrentía superficial que, a su vez incrementa la erosión. La erosión por agua es, pues, un sistema que se retroalimenta positivamente (Castillo *et al.*, 1997; de Alba, 1998; Gallart *et al.*, 2002; López Bermúdez y García Ruiz, 2008; García Ruiz y López Bermúdez, 2009).

Un tercio de la superficie terrestre está amenazada por este proceso de erosión afectando a más de 1000 millones de personas (UNCCD, 1996). La pérdida de suelo por erosión está ocurriendo en todo el mundo y en casi todos los ecosistemas, esto tiene consecuencias severas sobre la vitalidad y composición de especies de los ecosistemas forestales y agrosistemas, sobre el hábitat, la economía y el bienestar; sobre el potencial biológico y económico de la tierra para soportar la población. La erosión del suelo es considerada como uno de los problemas ambientales más serios ya que amenaza la producción mundial de alimentos. La pérdida de suelo es un problema de desarrollo durable.

La degradación del suelo es un proceso más complejo y amplio que la erosión, como tal se entiende toda modificación que conduzca a su deterioro. Es un proceso físico, químico y biológico que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes y servicios. La FAO, el PNUMA, la Directiva Marco sobre la protección del Suelo de la Comisión Europea (2006) y otras instituciones internacionales y nacionales, alertan año tras año, sobre los riesgos de la degradación del suelo y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza, la migración, etc. Expresan que, la erosión del suelo es uno de los cinco procesos de degradación del suelo y a la vez el principal reto para su conservación. Los otros procesos son la pérdida o disminución de la materia orgánica, la salinización, la compactación y los deslizamientos de tierras. El suelo, además, puede estar afectado por

otros procesos de degradación y amenazas como la contaminación local y difusa, la acidificación, el sellado, la reducción de la diversidad biológica y, en general, por la presión que pueda ejercer “el mercado” sobre los productos agrícolas y forestales. En condiciones climáticas áridas o semiáridas, la conjunción de varias de estas amenazas puede desembocar en la desertificación del territorio. En la actualidad, se entiende como un proceso de degradación del territorio a consecuencia de la mala utilización del suelo, de los ecosistemas, por ello hoy, existe una fuerte tendencia que clama por una utilización racional del suelo y ecosistemas asociados, sus principios se agrupan en lo que se conoce por *Conservación de Suelos* que persigue obtener más rendimientos pero con mínima degradación.

5. La erosión del suelo es un factor de desertificación.

La erosión del suelo es un síndrome de la desertificación ya que el proceso de pérdida de suelo y la producción de sedimentos constituyen un conjunto de fenómenos que limitan la capacidad productiva de los sistemas naturales, reducen la diversidad de especies vegetales y los rendimientos de los cultivos, y alteran el funcionamiento hidrológico de las laderas y cuencas. Es un problema endémico y dinámico, en particular, en las regiones secas y tierras marginales por presentar condiciones favorables para desencadenar crisis agudas, por ello, se la considera como uno de los más destacados procesos de la desertificación. La degradación del suelo por erosión implica un problema ambiental y social que relaciona la tierra con su uso actual y potencial, de ahí que se requiera identificar y cuantificar los tipos de intervención humana que origina este importante tipo de degradación que desemboca en la desertificación.

La erosión del suelo por agua, como destacado mecanismo de desertificación, es preocupante en los territorios semiáridos por las condiciones naturales climáticas, litológicas, topográficas y edáficas, como por la dilatada historia de cambios de uso del suelo en los ecosistemas. El territorio español ofrece una gran variabilidad de paisajes que la secular acción humana ha diversificado aún más (Ibáñez *et al.*, 1997; López Bermúdez y Barberá, 2000; López Bermúdez y García Gómez, 2005; Cerdá, 2008; García Ruiz, 2010). Los procesos de erosión, casi siempre han sido la respuesta a la larga historia humana que ha ejercido una importante presión sobre los recursos suelo y vegetación. La pérdida de suelo constituye uno de las más frecuentes y graves causas de la desertificación del territorio español y, en muchas áreas agrícolas y forestales, el principal problema agrario y medioambiental. Si los factores ligados a las condiciones ambientales naturales son el origen de la erosión, los factores agro-socio-económicos, son los que están acelerando este proceso y, en general, el de la desertificación (Fig. 4).



Figura 4. Las características del regolito y del suelo, el abancalamiento de la ladera para el cultivo y su posterior abandono, desencadenó la aparición del agresivo fenómeno erosivo conocido como *piping* (erosión en túnel o sufosión) y su manifestación en superficie en cárcavas verticales y profundas. Este tipo de erosión acelerada, frecuente en ambientes semiáridos y ecosistemas degradados, contribuye a incrementar el abarrancamiento y la evolución del paisaje hacia la desertificación.

Por la relevancia que la erosión del suelo tiene en el riesgo de desertificación que registran amplias zonas del territorio español, ha sido objeto de un abultado número de proyectos de investigación desde la años 80 de la pasada centuria a hoy, unos financiados por el Ministerio de Medio Ambiente y las diversas convocatorias de los Planes Nacionales de I+D+i y otros por la Comisión Europea. Entre los primeros merecen ser destacados el *Proyecto de Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo* (LUCDEME) (Carrera Morales, 1990; Carrera Morales y Rojo, 1990) y el *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación* (PAND, 2008; Rodríguez de Sáncho, 2007).

Una cuestión clave en entorno al tema es: ¿Qué tasas de erosión del suelo pueden ser aceptables y sostenibles sin que el suelo pierda su capacidad productiva? Resulta complicado dar estándares de pérdida de suelo, tasas de regeneración y tolerancia, ya que la variabilidad de las características geomorfológicas, litológicas, topográficas, historia del manejo y uso del suelo de las cuencas forestales, tierras de cultivo y paisajes erosivos del territorio español es muy grande. La tolerancia a la pérdida de suelo depende de la profundidad y tipo suelo, de la zona bio y agroclimática. La tolerancia debería ser similar a la tasa de formación que, para los países mediterráneos es baja, aproximadamente, de $1\text{ t/ha/año} = 0.07\text{ mm/año}$ (OECD, 2001).

En las regiones mediterráneas semiáridas y subhúmedas secas, las tasas de pérdida de suelos agrícolas bien desarrollados, comúnmente aceptadas, son de 10-12 t/ha/año de media, mientras que para suelos poco profundos y frágiles las tasas

de tolerancia y sostenibilidad son del orden de 2-5 t/ha/año ($1\text{ mm/año} = 12.5\text{ t/ha/año}$). Sin embargo, las tasas de pérdida de suelo medias, los coeficientes de variación y los valores extremos que se registran según condiciones ambientales, uso y cobertura vegetal son muy amplios, como se constata en los estudios de seguimiento de la erosión del suelo que se viene realizando, desde hace más de tres décadas, por numerosos grupos de investigación de las Universidades Públicas Españolas y Centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), por todo el territorio español:

Ambiente (t/ ha/año)	Tasa Erosión	CV (%)	Máx.	Mín.
Cárcavas	57,10	115,8	148,8	12,60
Suelo desnudo	27,68	153,7	52,0	5,05
Campos de cultivo	2,39	196,1	16,4	0,00
Laderas incendiadas	2,28	157,3	50,7	0,05
Suelos con vegetación natural	1,14	218,8	13,7	0,00
Campos abandonados	26,15	205,0	32,0	1.80
Bosque	1,70	252,5	84.0	0,00

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Red RESEL. www.magrama.gob.es/; Rojo Serrano y Sánchez Fuster, 1997; Cerdá, Ed. 2008.

Las áreas con fuertes incisiones, abarrancadas, de cárcavas, por las características de su litología, topografía, escasa vegetación y elevada densidad de drenaje, son las grandes productoras de escorrentías y sedimentos por erosión. Originan un paisaje muy singular en ambientes sujetos a fuertes sequías estacionales como es el mundo semiárido mediterráneo. A este paisaje se le conoce como *badlands* (Fig. 5).

Los ecosistemas de suelo sin protección de cobertura vegetal, de suelo desnudo y aquellos campos que fueron cultivados y abandonados posteriormente, son los que también registran tasas elevadas que superan los umbrales de formación de suelo, de tolerancia y sostenibilidad. La dispersión en los datos de pérdida de suelo es quizás, la característica más destacada de la erosión del suelo en ambientes semiáridos mediterráneos. La erosión del suelo, la erosión acelerada, la inducida por el hombre, uno de los problemas ambientales más importantes del mundo conduce a otra cuestión de envergadura ¿cuánta alteración y tensión puede aguantar el sistema suelo debido a las acciones de los humanos sin sufrir cambios catastróficos que desemboquen en la pérdida de su capacidad productiva? pregunta cuyo intento de respuesta queda para otra ocasión.



Figura 5. Litologías blandas, baja capacidad de infiltración al agua de lluvia, escasa vegetación y abarrancamiento generalizado, son los rasgos que definen las áreas de *badlands*. Barrancos de Gebas. Alhama de Murcia-Librilla (Murcia).

6. Conclusión.

El suelo es un componente natural, integral e indispensable de nuestra existencia. Los servicios que presta van desde suministrar una base sólida a gran parte de las actividades humanas y ser el soporte de la agricultura, hasta ser almacén de carbono para mitigar el cambio climático. Una de las grandes amenazas inducidas por el hombre es la erosión, la cual constituye uno de los problemas ambientales más destacados, que engloba a un conjunto de procesos que no son idénticos en todas partes y que es necesario identificar y cuantificar. La pérdida de suelo se caracteriza por discontinuidades espaciales y temporales y amplia variación en magnitud, de ahí la dificultad en su modelización y evaluación. Métodos, técnicas y modelos para predecir y evaluar la erosión han sido y siguen siendo, una de las principales preocupaciones de los científicos y técnicos.

La investigación sobre la erosión del suelo está justificada, al menos, por dos razones: (a) para explicar los procesos que ocasionan la remoción del suelo y sus consecuencias geomorfológicas, ambientales, económicas y sociales; (b) por la importancia que tienen metodologías, técnicas y modelos, para prevenir el riesgo, rehabilitar, diseñar y aplicar políticas de conservación del recurso.

Parece pues razonable admitir que la manera más eficaz de prevenir la erosión del suelo, consiste en la investigación y en la información a los usuarios del suelo. Informar sobre las causas y consecuencias de la degradación, así como de los métodos de prevención y las soluciones al problema identificando y evaluando la verdadera magnitud de la degradación del suelo a escala nacional, regional, provincial y local. Incorporando los resultados de la investigación en las formu-

laciones de las políticas agrarias, ambientales y territoriales. Desarrollando y aplicando estrategias sostenibles para su uso y gestión. Recuperando y mejorando métodos tradicionales de uso y manejo del suelo, agua y vegetación, compatibilizándolos con las nuevas técnicas, con el fin de conseguir producciones agrarias y forestales sostenibles, combinadas con la protección ambiental.

La continuada erosión del suelo puede desembocar en la desertificación, es decir, en la de pérdida del valor y capacidad de los ecosistemas terrestres para producir bienes y servicios (López Bermúdez, 2008). Fenómeno que puede agravarse con las fluctuaciones climáticas que puede desencadenar el cambio climático tales como: mayor estrés y disminución de la productividad de los ecosistemas y agrosistemas, alteración de ciclo hidrológico, frecuencia de períodos de sequía y de rachas de precipitaciones violentas, inundaciones, disminución de la humedad del suelo, incendios, incremento de la erosión del suelo, etc.

La biodiversidad de estos escenarios semiáridos mediterráneos (una de las mayores del mundo) podría tornarse más vulnerable, amenazada e incluso extinguir buena parte de la flora, con lo que los procesos de erosión y desertificación se intensificarían. En la naturaleza y medio ambiente, hay fronteras que deben respetarse y no ser traspasadas si se quieren evitar alteraciones ambientales inadmisibles como son el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la pérdida de suelo y los cambios en su uso, las interferencias en los ciclos globales del nitrógeno y del fósforo, la degradación de ecosistemas, la contaminación química de suelos, ríos y humedales, la destrucción de la capa de ozono, el consumo global imparable de agua dulce, la concentración atmosférica de aerosoles, etc. Fronteras que están íntimamente relacionadas. La sostenibilidad se basa en “*Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades*” (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988). Este concepto significa preservar el capital natural, el suelo y otros recursos, requiere que el consumo de recursos materiales, hídricos y energéticos renovables y no renovables como es el suelo forestal y agrícola, no supere la capacidad de los sistemas naturales o ecosistemas, para reponerlos.

Ante estos graves y preocupantes problemas parece razonable continuar la investigación, mejorar la información, la planificación del territorio, el uso y gestión del suelo, los ecosistemas, fomentar la conciencia ciudadana, etc., estas y otras medidas podrían minimizar los efectos de los cambios que se están produciendo y parece que se producirán en un futuro no lejano.

Referencias bibliográficas.

- AEMET(2013): *www.aemet.es*
- CASTILLO, V., MARTINEZ-MENA, M^a; ALBALADEJO, J. (1997): Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Science Society of America Journal*, 61 (4): 1116-1121.
- CARRERA MORALES, J. A. (1990): El proyecto LUCDEME: lucha contra la desertificación en el Mediterráneo. *Ecología*, núm.1: 199-212.
- CARRERA MORALES; J. A.; ROJO, L. (1990); Documentos del proyecto LUCDEME. Circular Técnica, n° 1. ICONA. Ministerio de Agricultura. Madrid, 18 pp.
- CCE (2006): *Estrategia temática para la protección del suelo*. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo de la Región. Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas, COM (2006) 231 final.
- CCE (2009): *Cambio Climático: la Comisión revela la importancia del suelo*. Informe «Análisis de la información disponible sobre la interrelación entre el suelo y el cambio climático»: http://ec.europa.eu/environment/soil/publications_en.htm. Conferencia sobre la interrelación del suelo y el cambio climático (junio de 2008): http://ec.europa.eu/environment/soil/conf_es.htm.
- CERDA, A. Ed. (2008): *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Universidad de Valencia. Servicio de Publicaciones. Valencia, 238 pp.
- COMISION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. (2006): *Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco para la protección del suelo*. Bruselas, 31 pp. <http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (2008): *Nuestro Futuro Común*. Alianza Editorial. Madrid, 460 pp. Este importante documento es conocido también, como el *Informe Brundtland*.
- CONSEJO DE EUROPA (1972): *Carta de los Suelos del Consejo de Europa*. Estrasburgo, Francia.
- DE ALBA, S. (1998): Redistribución y erosión del suelo por las prácticas de laboreo en laderas cultivadas. En A. Gómez Ortiz, F. Salvador, L. Schulte y A. García Navarro (Eds). *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*. Sociedad Española e Geomorfología. Zaragoza, pp. 471-481.
- FAO (1982): *Carta Mundial de los Suelos*. FAO, PNUMA, UNESCO, OMM. Roma.
- GALLART, F.; SOLE, A.; PUIGDEFABREGAS, J.; LAZARO, R. (2002): Badlands systems in the Mediterranean En L. Bull y M. J. Kirkby (Eds): *Dryland rivers: Hydrology and Geomorphology of semi-arid channels*. Wiley. Chichester: 299-205 pp.
- GARCÍA RUIZ, J. M^a; LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (2009): *La erosión del suelo en España*. Sociedad Española de Geomorfología (SEG). ISBN: 978-84-692-4599-6. Zaragoza; 441 pp.
- GARCÍA RUIZ, J. M^a. (2010): The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena*, vol. 81: 1-11.
- IBÁÑEZ, J. J.; VALERO GARCÉS, B. L.; MACHADO, C. Eds. (1997): *El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo. Implicaciones en la desertificación*. Geoforma Ediciones. Logroño, 478 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; BARBERÁ, G. G. (2000): Indicators of Desertification in Semiarid Mediterranean Agroecosystems of Southeastern Spain. In *Indicators for Assessing Desertification in the Mediterranean*. J. Enne; M. d'Ángelo & C. Zanolla, Eds. Osservatorio Nazionale sulla Desertificazione. Ministero della Ricerca Scientifica. Università degli Studi di Sassari. United Nations Convention to Combat Desertification. Porto Torres, Cerdeña, Italy: 164-176.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; GARCÍA GÓMEZ, J. (2005): Desertification in the Arid and Semiarid Mediterranean Region. A Food Security. In *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*. W.Kepner; J. L. Rubio; Mouat, D.A.; F. Pedrazzini, Eds. NATO Security Science. Vol. 3: 401-428. Springer. Heidelberg.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (2008): *Desertificación: Preguntas y respuestas a un desafío económico, social y ambiental*. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 131 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; GARCÍA RUIZ, J. M. (2008): La degradación del suelo por erosión hídrica en España. En A. Cerdá (Ed.) *Erosión y degradación del suelo agrícola en España*. Cátedra Divulgación de la Ciencia, Universitat de València. ISBN: 978-84-370-7192-3. Valencia: 11-49 (238 pp).
- OECD (2001): *Environmental indicators for Agriculture*. Vol. 3; Methods and results. <http://www.oecd.org/agr/env/themes.htm>.
- PAND (2008): *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación*. Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino. Secretaria General para la Biodiversidad. Madrid, http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/programa_desertificacion_pdf/PAND, 262 pp.

RODRÍGUEZ DE SANCHO, M^a.J.(2007): El programa de Acción Nacional contra la desertificación. *Ambienta: la Revista del Ministerio de Medio Ambiente*, núm.70: 16-24.

ROJO SERRANO, L.; SÁNCHEZ FUSTER, M.A., (Coods).(1997): *Red de estaciones experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión y desertificación*. RESEL-LUCDEME). Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 298 pp.

TIEMPO.COM.(2013): Mapas térmicos de las temperaturas superficiales del Mediterráneo. *foro.tiempo.com/seguimiento temperaturas*.

UNCCD.(199): *United Nations Convention to Combat Desertification*. New York., 66 pp.