

INFLUENCIA DE LA EDAD DE ABANDONO AGRÍCOLA EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN TERRAZAS MARGINALES BAJO CLIMA MEDITERRÁNEO SUBHÚMEDO (ALICANTE)

M.D. SORIANO SOTO¹, M.J. MOLINA², I. LLORET¹, V. PONS²

¹ Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica de Valencia, Blasco Ibañez 21, 46010 Valencia, Spain.

² Centro de Investigaciones sobre Desertificación. CIDE (CSIC-Universitat de Valencia-Generalitat Valenciana), Cami La Marjal s/n. 46470-Albal, Valencia, Spain.

Abstract. 13 soil profiles are selected as representative of the natural and the agricultural soil in the abandoned terraces ≤ 5 to ≥ 60 years ago. The main changes in the type and the vegetal cover of soils are characterised. The overlaying soil horizons are analysed for several physical, chemical and biological properties, which are taken as indicators of soil quality. All the analysed soil properties increased with the age of abandonment. These increases, related to the changes in the vegetal cover and the organic matter content of soil, are rapid for vegetal covers $>25\%$. Under experimental conditions similar to the studied area, the recovery of the soil properties to the quality conditions of the natural soil occurs around 60-90 years after the abandonment of the agricultural practices.

Key words: Soils, physical, chemical and biological properties, age of field abandonment, Mediterranean sub-humid climate.

Resumen. Se determinan los cambios en el tipo y en el porcentaje de cobertura vegetal en una zona del interior de la Comunidad Valenciana seleccionando 13 perfiles de suelo en terrazas con distintas edades de abandono. Se analizan algunas propiedades físicas, químicas y biológicas comparándolas con el suelo en estado natural (no cultivado). Los parámetros considerados como indicadores de la evolución de la calidad del suelo aumentan rápidamente cuando el suelo alcanza niveles de cobertura vegetal superiores al 25%. En condiciones climáticas similares a las de la zona de estudio, la recuperación de la calidad de los suelos agrícolas a los niveles del suelo natural se produce hacia los 60-90 años del cese de las prácticas agrícolas.

Palabras clave: Suelos, terrazas, propiedades físicas, químicas y biológicas, edad de abandono de cultivos, mediterráneo subhúmedo.

INTRODUCCIÓN

El proceso de abandono de la agricultura marginal en zonas montañosas ocasiona

problemas geoecológicos cuyo conocimiento es de interés desde el punto de vista de la gestión de esta importante superficie del territorio, así como desde el punto de vista

científico. Según García-Ruiz *et al.* (1991), hay tres procesos fundamentales que interactúan tras el abandono de las prácticas agrícolas en zonas de montaña: la colonización con especies naturales, que depende del clima y también del grado de degradación del suelo inducido por el tipo de uso y manejo agrícola, el proceso de erosión debido a la falta de protección del suelo y la alteración de sus propiedades hidrofísicas e hidrológicas, y el tipo de uso y manejo de estas zonas tras el abandono (ej. pastoreo, incendios...).

Los cambios en la calidad del suelo tras el abandono pueden cuantificarse en función de las variaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Schipper y Sparling, 2000) y sus variaciones puede utilizarse para analizar la evolución del agroecosistema.

El objetivo del trabajo es estudiar las relaciones suelo - planta en terrazas marginales con antigua dedicación agrícola y distintas edades de abandono en una zona de clima mediterráneo subhúmedo de la Comunidad Valenciana, analizar la influencia de la edad de abandono en los cambios de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y evaluar el tiempo necesario tras el abandono para la recuperación de la calidad del suelo agrícola a niveles similares a los del suelo natural no cultivado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos son de textura fina y se clasifican como Calcisoles háplicos y Leptosoles líticos en las vertientes con calizas y margas del Cretácico Superior y Luvisoles crómicos en depresiones semi-endorréicas, rellenas con margas del Mioceno (FAO-UNESCO, 1988).

El clima es según la clasificación de Thornthwaite del tipo C2s2B'2a'.

La vegetación potencial se compone de carrascales basófilos. A este bosque le susti-

tuyen nanofanerófitos perennifolios como *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus alaternus*, etc. y tomillares o aliagares ricos en bases.

En los bancales se ha tomado el suelo más degradado como punto de referencia a partir del cual se inicia la recuperación vegetal y edáfica (tiempo 0). La edad de abandono se ha determinado, de forma aproximada, a partir de estudios anteriores (Corell, 1998).

Se han muestreado 11 perfiles de suelo (Soriano *et al.* 2001) en bancales de 60, 45 años y 15 años de abandono (4, 4 y 3 perfiles, respectivamente), un perfil con ≤ 5 años de abandono (considerado equivalente al del suelo cultivado) y un perfil de suelo natural (no cultivado). Los suelos de la cuenca de estudio son Litosoles sobre calizas fragmentadas en las partes altas de las laderas, Calcisoles sobre calizas con intercalaciones de arcillas y margas en las partes medias de las laderas y Luvisoles sobre los depósitos de arcillas y margas del Mioceno en las partes bajas de las laderas y el valle. Los Calcisoles y Luvisoles tienen horizontes superficiales de origen coluvial y en ellos se observan contenidos de materia orgánica muy variables dependiendo del uso y del grado de cobertura vegetal. La densidad aparente media del horizonte superficial es de $1,3 \text{ g cm}^{-3}$. La profundidad del suelo varía entre 25 cm (partes altas) y 50-100 cm (partes media y baja). La textura varía entre franca y franco-arcillosa según el gradiente topográfico, así como también lo hacen el contenido de carbonato cálcico (entre 9 y 30%) y la permeabilidad (entre 4 y 10 mm h^{-1}).

En los horizontes superficiales se ha determinado el contenido de materia orgánica, la relación C/N (Ministerio de Agricultura, 1986), el estado de agregación del suelo se determina con el test de la gota (CND, counting the number of drops) como medida de la estabilidad de los macroagregados de diámetro 5-2 mm y el diámetro medio

TABLA 1: Evolución de la vegetación y de la cobertura del suelo tras el abandono de las prácticas agrícolas.

Vegetación	Edad de abandono (años)		
	≤15 (N=3)	15-45 (N=5)	≥60 (N=5)
Tipo	Aliagas, Aromáticas de poco porte	Herbáceas, Aromáticas, Aliagas, Pinos	Herbáceas, Matorral denso, Pinos, Carrascas
% de cobertura del suelo (media ± D.E.)	25 ± 13 ^a	40 ± 15 ^a	75 ± 4 ^b

geométrico (GMD) de la fracción de suelo <100 µm (sin tratamiento) como medida de la estabilidad de los microagregados., la capacidad del suelo para retener agua y la abundancia de microartrópodos. El tamaño medio geométrico (GMD) de la fracción de suelo <100 µm se determina mediante el analizador Coulter LS130. Mediante un equipo de presión y placas porosas se obtiene la capacidad de retención de agua del suelo a saturación (0,1 kPa), capacidad de campo (20 kPa) y punto de marchitamiento permanente (1500 kPa). Los microartrópodos se obtienen mediante el embudo de Berlesse (De Liñan, 1998; Lynch, *et al.*, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A medida que aumenta la edad de abandono aumenta el % de cobertura del suelo y la estructura de la vegetación se hace más compleja, pasando desde el estrato herbáceo o leñoso de poco porte y poca cobertura tras los primeros años de abandono, hasta el 75% de cobertura y los tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbolado) cuando han transcurrido al menos 60 años desde el abandono (Tabla 1). Estos resultados son similares a los obtenidos para entornos climáticos y geomorfológicos equivalentes en el Pirineo Central (García-Ruiz *et al.*, 1991), quienes observaron que tras 10-15 años de abandono agrícola el estrato de matorral coloniza la superficie del suelo y entre los 50 y 100

años la vegetación recupera también el estrato arbóreo.

Al representar gráficamente los datos de cobertura vegetal correspondientes a los tres grupos de edad de abandono de la Tabla 1, añadir el valor de cobertura estimado para el bancal de abandono más reciente (10%, herbáceas fundamentalmente) y ajustar los valores medios a distintos modelos matemáticos, el mejor ajuste se obtiene para un modelo de crecimiento exponencial. Los parámetros de dicho modelo se indican en la Figura 1.

Asumiendo como válidos para este tipo de agroecosistema los valores críticos de cobertura vegetal para los que la vegetación ejerce un control de la erosión en zonas mediterráneas de clima semiárido (30%, en Francis y Thornes, 1990), los datos de cobertura de la Figura 1 indican que el agroecosistema estudiado empezaría a recuperar su funcionalidad hidrológica hacia los quince años de abandono de las prácticas agrarias.

En la Figura 2 se indican las variaciones (valores medios) del contenido de materia orgánica del suelo (a), de la relación C/N (b), del diámetro medio geométrico (GMD) de la fracción de suelo < 100 µm (c) y de la capacidad de retención de agua del suelo a saturación (d). Los cambios en estas propiedades están relacionados con las variaciones en la cobertura vegetal indicadas en la Figura 1, e igualmente, los mejores ajustes se obtienen para un modelo de variación exponencial

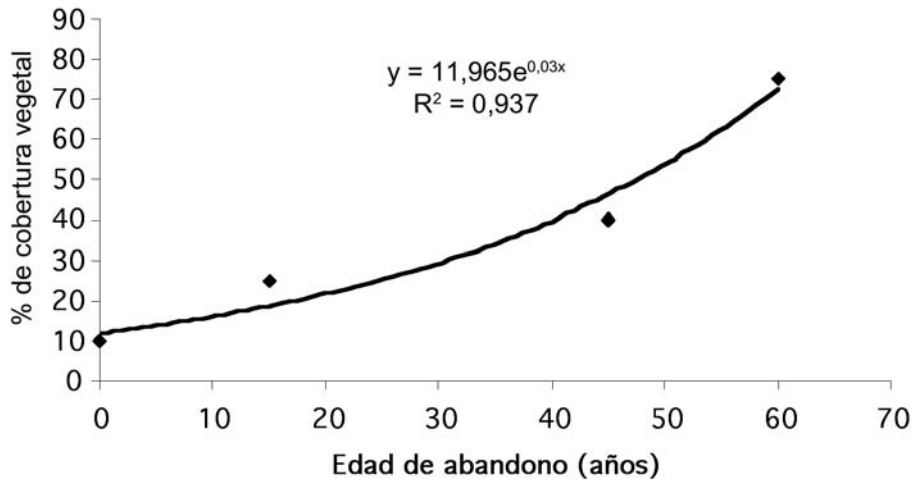


FIGURA 1: Evolución de la cobertura vegetal del suelo agrícola en terrazas marginales con la edad de abandono.

con la edad de abandono. Los parámetros del modelo y el valor de R^2 del ajuste, para cada una de las propiedades indicadas, se muestran también en la Figura 2.

Al comparar la tasa de variación media de cobertura vegetal (0,03, Fig. 1) con las correspondientes a las del contenido de materia orgánica (0,026; (a) Figura 2), la

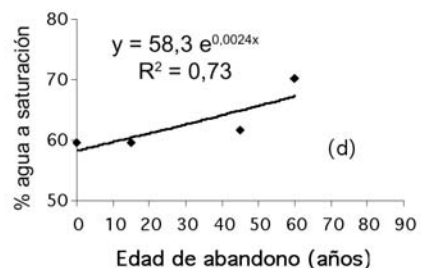
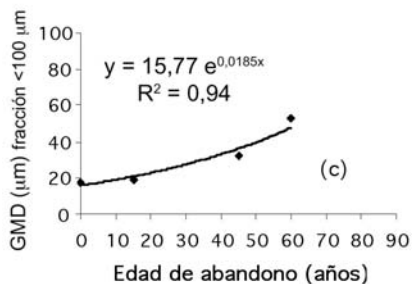
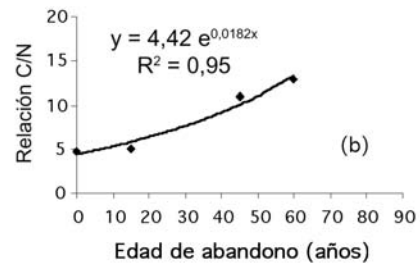
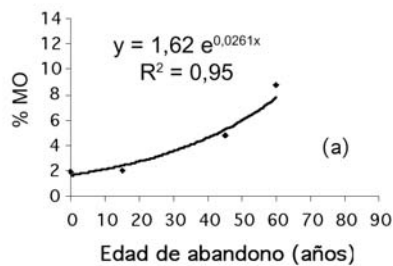


FIGURA 2: Variaciones con la edad de abandono de las prácticas agrícolas del (a) contenido de materia orgánica del suelo; (b), relación C/N; (c), tamaño medio geométrico (GMD) de la fracción de suelo $< 100 \mu\text{m}$, y (d), % de agua a saturación.

relación C/N (0,018, (b) Figura 2), el GMD de la fracción <100 μm del suelo (0,018; (c) Figura 2), y el % de agua a saturación (0,0024, (d) Figura 2) se observa que dichas variaciones son relativamente bajas en los primeros años de abandono y son inducidas por el aumento de la cobertura vegetal. El efecto ecológico de la vegetación sobre el suelo que más tarda en producirse es el de la mejora de la porosidad y la retención de agua, tal como indica el parámetro del modelo que afecta al valor de x (0,0024, en el gráfico (d) de la Figura 2. Para esta propiedad del suelo, el valor de R^2 de los modelos exponencial y lineal (no mostrado) son similares, y sus variaciones pueden explicarse a través de ambos.

Las tasas medias de variación de estas propiedades son menores que las de la cobertura del suelo, lo que resulta lógico dado que se requiere cierto tiempo de interacción de la vegetación con el suelo para que se produzca, en primer lugar, la incorporación neta de materia orgánica al suelo (gráfico a), los procesos de humificación (gráfico b), que éstos actúen facilitando los mecanismos de formación y estabilización de la estructura, aumentando las uniones entre partículas finas de limo y arcilla para formar microagregados (gráfico c), y, posteriormente, que estos cambios se traduzcan en un aumento de la capacidad de retención de agua a saturación (sin cambios significativos a capacidad de campo y punto de marchitamiento, aunque no mostrados) y, por tanto de la porosidad total.

Además de la mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo, también se produce un aumento de la actividad biológica (Tabla 2) que se traduce en un mayor nº de microartrópodos y en una mayor diversidad de éstos. Nuestros resultados son coherentes con los encontrados por Vreeken-Buijs *et al.* (1998), quienes relacionan la biomasa de microartrópodos en el suelo con el tipo de suelo, el uso y con el contenido de

materia orgánica. En dicho trabajo, la población de colémbolos aumenta en los suelos de pasto respecto de los agrícolas y dicho aumento se relaciona con el aumento de materia orgánica y porosidad del suelo. Al comparar suelos con vegetación natural de matorral y arbolado y suelos de utilización agrícola recientemente abandonados, Cerdá *et al.*, (1998) encuentran una relación directa entre el aumento de cobertura del suelo, el aumento de la infiltración, la mejora de la agregación y la mejora de la actividad biológica. Este tipo de interrelaciones, que han sido reconocidas ampliamente en la bibliografía (ver, por ejemplo, Imeson, 2002) han sido también descritas en otras zonas de la Comunidad Valenciana (Molina *et al.*, 1999).

Tal como indican las propiedades físicas, químicas y biológicas del agroecosistema estudiado, se produce una mejora de la calidad del suelo con la edad de abandono, y dicha mejora depende de forma directa de la cobertura vegetal y de los aportes de materia orgánica al suelo procedente de ella. Para evaluar el alcance de dicha mejora y valorar la resiliencia del agroecosistema, comparamos los resultados obtenidos con los correspondientes al suelo de mejor calidad de la zona, que es el del suelo natural no cultivado, cuyas características son 80% cobertura vegetal, 15% materia orgánica, C/N alrededor de 9, GMD de 60 μm y agua a saturación (volumen) del 72%.

Al utilizar los valores correspondientes al suelo natural como variable dependiente en los modelos de variación indicados en las Figuras 1 y 2, podemos estimar el tiempo, tras el abandono, en que se alcanzaría una recuperación de la calidad del suelo próxima a la del suelo natural. Esta recuperación se produciría entre los 60 y los 90 años tras el abandono.

Las variaciones indicadas en la Figura 2 y Tabla 2 se interpretan como el resultado de la disminución de la perturbación ejerci-

TABLA 2: Variaciones de la actividad biológica en el suelo con la edad de abandono de las prácticas agrícolas utilizando la población de microartrópodos como indicador.

Microartrópodos	Edad de abandono (años)		
	≤15 (N=3)	15-45 (N=5)	≥60 (N=5)
Tipo	Colémbolos	Oribátidos, Colémbolos	Colémbolos, Oribátidos, Gamásidos
Nº de individuos y DE	15 ± 2	33 ± 7	45 ± 18

da sobre el suelo por el laboreo, por un creciente papel de control de la vegetación sobre los procesos de erosión y por el consiguiente aumento de microambientes edáficos más favorables (Bochet *et al.*, 1998).

La evolución de la materia orgánica y el proceso de formación y estabilización de los agregados obtenidos en este trabajo son coherentes con los resultados obtenidos al comparar suelos agrícolas (labrados y no labrados) y naturales en áreas tan distintas como Australia (Six *et al.*, 1998) y Canadá (Carter, 2002). Paradójicamente, nuestros resultados difieren de los encontrados en estudios sobre la misma problemática realizados en el área en clima semiárido y condiciones de uso tras el abandono más limitantes (incendios, pastoreo) para la recuperación del suelo y de la vegetación (Bonet, 2004). Este hecho confirma la importancia de la interacción clima-cambios de uso del suelo en los procesos de degradación o recuperación de los agroecosistemas tras el abandono agrícola.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de clima mediterráneo subhúmedo, el proceso de recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en terrazas de agricultura marginal que no han sufrido otros cambios de uso tras el abandono es paralelo a la recupe-

ración de la vegetación y al incremento de materia orgánica en el suelo y éstos aumentan exponencialmente con la edad de abandono de las prácticas agrícolas. Para zonas de clima subhúmedo, con condiciones topográficas, de uso y manejo del suelo similares a la estudiada, la recuperación de la calidad del suelo a niveles próximos a los del suelo natural se produciría hacia los 60-90 años tras el abandono de las prácticas agrícolas.

REFERENCIAS

- Bochet, E., Rubio, J.L., Poesen, J. (1998): Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valencia, Spain). *Geomorphology* 23: 139-150.
- Bonet, A. (2004): Secondary sucesión of semi-arid Mediterranean old-fields in south-eastern Spain: insights for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environments* 56: 213-233.
- Carter, M.R. (2002): Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94: 38-47.
- Cerdá, A., García-Alvarez, A., Imeson, A.C. (1998): Microbial activity and hydrological characteristics of soils along a catena in a semiarid environment in

- southeast Spain. En A. Rodríguez, C.C. Jiménez y M.L. Tejedor (Eds.): *The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures*, 33-48. *Geoforma*.
- Corell, A. (1998): Procesos de degradación y potencial de recuperación de los suelos en zonas de montaña mediterránea: Gestión de las terrazas de cultivo abandonadas como medio para la conservación de suelos y aguas. Memoria de proyecto de investigación. Inéd.
- De Liñan, C. (1998): Entomología agroforestal. Ed. Agrotécnicas, DL, 1998-1309.
- FAO-UNESCO. (1988): Soil map of the world. Revised legend. 1:5.000.000. Roma.
- Francis, C.F. y Thornes, J.B. (1990): Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types. En J.B. Thornes (Ed.), *Vegetation and Geomorphology*, 363-385. Wiley. Chichester.
- García-Ruiz, J.M., Ruiz-Flaño, P., Lasanta, T., Montserrat, G., Martínez-Rica, J.P., Pardini, G. (1991): Erosion in abandoned fields, what is the problem?. En M. Sala, J.L. Rubio, J.M. García-Ruiz (Eds.), *Soil erosion studies in Spain*, 97-108. *Geoforma*.
- Imeson, A.C. (2002). Inter-linkages between climate change and soil conservation functions: some key issues. In J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins & V. Andreu (Eds.), *Man and soil at the third millennium* Vol I, 153-163. *Geoforma*.
- Lynch, J.M. y Bragg, E. (1985): Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science* 2, 133-171.
- Ministerio de Agricultura (1986): Métodos oficiales de análisis de suelos. Madrid. 166p.
- Molina, M.J., Llinares, J.V., Soriano, M.D. (1999): La degradación de las propiedades del suelo en dos sistemas agroforestales de la Comunidad Valenciana. Implicaciones ecológicas ante el cambio climático y argumentos para la planificación, *Geoforma*. 83p.
- Schipper, L.A. y Sparling, G.P. (2000): Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 300-311.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., Doran, J.W. (1998): Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1367-1377.
- Soriano, M.D., Lloret, I., Laborda, R., Pons, V. (2001): Soil degradation in mountain areas with abandonment of agricultural practices in the north of Alicante (Spain). Assessment and conservation. I World Congress on Conservation Agriculture. Madrid.
- Vreeken-Buijs, M.J., Hassink, J., Brussaard, L. (1998): Relationships of soil microarthropod biomass with organic matter and pore size distribution in soils under different land use. *Soil Biol. Biochem.* 30: 97-106.