

LA HUELLA ECOLÓGICA DEL CULTIVO DEL OLIVO EN ESPAÑA Y SU APLICABILIDAD COMO INDICADOR DE AGRICULTURA SOSTENIBLE

*Hernández Laguna, E.¹, López Bermúdez, F.¹, Alonso Sarría, F.¹,
Conesa García, C.¹, Álvarez Rogel, Y.¹*

Universidad de Murcia

RESUMEN

El cultivo del olivo ocupa vastas superficies en las tierras mediterráneas constituyendo parte esencial de su paisaje. Es el principal cultivo arbóreo mediterráneo y de España, con grandes repercusiones ecológicas, socio-económicas y culturales. Con el objetivo de determinar la sostenibilidad ecológica del cultivo, y el riesgo de desertificación, se aplica el cálculo del indicador de *huella ecológica* (HE), se lo compara con la biocapacidad (BP) del olivar en el campo español y se determina si existe déficit ecológico (DE). Además de estos indicadores, se calculan para dos tecnologías de cultivo: el laboreo con suelo desnudo y el no laboreo, hallándose que la huella ecológica discrimina bien ambas técnicas de cultivo.

Palabras clave: Olivar, mediterráneo, huella ecológica, biocapacidad, déficit ecológico, sostenibilidad.

ABSTRACT

The ecological footprint of the olive tree crop in Spain and its applicability as indicator of the sustainable agriculture. Olive tree crop occupies a vast surface in mediterranean countries being, in fact, an essential part of the landscape. It is the main tree crop in Spain with great ecological, socioeconomic and cultural implications. The main aim of this paper is to asses the sustainability of this crop and the risk of desertification, by calculating its *ecological footprint* (EF) and comparing it with olive tree biocapacity (BP) in the spanish land, to asses if there is some ecological deficit (ED). Both indicators are calculated in two technological scenarios: ploughing in bare soil and no ploughing, founding that the ecological footprint is a good discriminator between both methods.

Key words: Olive trees, mediterranean, footprint, biocapacity, ecological deficit, sustentability

Fecha de recepción: 7 de enero de 2004. Fecha de aceptación: 23 de junio de 2004.

Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Geográfico Regional. Facultad de Letras. Campus de La Merced. 30001 Murcia. E-mail address: *ehlaguna@yahoo.co.uk; lopber@um.es; alonsarp@um.es; cconesa@um.es; yalvarez@um.es.*

1. INTRODUCCIÓN

El olivo (*Olea europea* var. *sativa*), exponente de la cultura mediterránea es un árbol de cultivo de gran valor económico y, además, constituye parte esencial de los valores ecológicos y paisajísticos del ámbito mediterráneo, zona de la biosfera de la mayor importancia por su riqueza en biodiversidad y para su mantenimiento, a escala mundial, como se ha expresado en gran número de eventos científicos, nacionales e internacionales como, por ejemplo, en la reciente E-Conference sobre *Biodiversidad en la Región Mediterránea* celebrada en abril de 2002 (web site: www.gencat.es/mediamb/bioplatform) (Freitas, 2002). En este evento se resaltó que la perspectiva del paisaje era la única satisfactoria para abordar la conservación de la biodiversidad actual, en el sentido de que considera factores naturales y humanos en la formación de los ecosistemas actuales (Naveh, 2002).

La región mediterránea es una de las zonas de más antigua civilización del mundo. Desde hace milenios los ambientes mediterráneos se han caracterizado por una actividad agraria que ha transformado de modo acusado y casi continuo el paisaje, la organización del territorio, a la vez que se iban desarrollando modelos económicos, sociales y culturales específicos.



FIGURA 1: Olivos centenarios. Moratalla, Murcia.

A lo largo de la historia, alrededor del olivar, se ha generado un corpus cultural y económico entre la población rural mediterránea y el olivo, constituyendo un gran soporte del equilibrio territorial (Búrdalo, 1997). Esta especie botánica se halla presente en todo el territorio mediterráneo por su capacidad de adaptación a extremos meteorológicos, a todos los escalones bioclimáticos, desde las húmedas áreas de montaña a las áreas áridas y por su adaptación a una amplia gama de suelos. En las tierras mediterráneas, el olivo (Fig. 1), ha desarrollado múltiples funciones, como fuente de alimento, suministrador de leña, por valorizar las tierras agrícolas, por sujetar poblaciones rurales, como especie vegetal para fijar el suelo y luchar contra la erosión, etc.

En la actualidad, el 95 % del área mundial cultivada con olivos se encuentra en el área mediterránea (Barranco et al., 2001), sin embargo, el medio rural mediterráneo bajo condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas se halla amenazado por problemas de desertificación (López Bermúdez, 1995, 1999, 2001; Brandt & Thornes, 1996; Balabanis et al., 1999; Geeson et al., 2002), atraviesa momentos de incertidumbre y está experimentando cambios que afectan, de modo relevante, a su composición demográfica, social y profesional que resultan evidentes en los ecosistemas y agrosistemas asociados al olivar.

La determinación de la sostenibilidad del cultivo del olivo es puesta de manifiesto, aquí, mediante un Indicador de Desarrollo Sostenible que está teniendo mucho éxito entre los científicos que estudian la sostenibilidad de las acciones humanas en el medio natural. Este indicador, denominado *Huella Ecológica* (Wackernagel & Rees, 1996) es un instrumento que permite medir cuantas hectáreas de suelo ecológicamente productivo se están consumiendo en la actualidad y cuanto pesan las actividades humanas en el territorio. Analiza la sustentabilidad en términos sencillos y comprensibles, utilizando datos científicos sencillos y fiables. Permite orientar a los analistas, planificadores, políticos y gobiernos a evaluar y manifestar el impacto del subsistema económico, originado por el uso que se hace de los recursos naturales. Además, puede ser una eficaz herramienta para la valoración del desarrollo sostenible (Brundtland, 1987) de un territorio amenazado por la degradación de sus recursos. Evaluar el progreso hacia la sostenibilidad es un proceso importante y complejo. El enfoque de la Huella Ecológica es una prometedora herramienta utilizable como indicador de la sostenibilidad (Wackernagel, 2000).

Este trabajo está dirigido a determinar la sostenibilidad del principal cultivo arbóreo de los países mediterráneos, el olivar, con el objeto de resaltar su importancia como paisaje cultural de bajo impacto y clave para la conservación de la biodiversidad en la zona mediterránea (Aronson, 2002).

2. CONCEPTOS DE HUELLA ECOLÓGICA, BIOCAPACIDAD Y DÉFICIT ECOLÓGICO

La *Huella Ecológica*, desarrollada en 1996, por Willian Rees, de la University of British Columbia (USA) y Mathis Wackernagel de la Universidad Anáhuac de Jalapa (Méjico), es una herramienta que ayuda a analizar la demanda de naturaleza por parte de la humanidad. Evalúa el impacto ecológico de la acción humana en el medio ambiente, en términos de la superficie de tierra necesaria para absorber tal impacto o sostener la

producción o consumo de un bien por parte de un individuo o una comunidad (Wackernagel & Rees, 1996). Los cálculos de la Huella Ecológica se fundamentan en dos hechos: (a) midiendo la mayoría de los recursos que se consumen y los desechos que se generan; (b) el consumo y producción de desechos, puede traducirse en el área biológicamente productiva necesaria para que puedan realizarse estas funciones (Wackernagel & Rees, 1996).

Así, la Huella Ecológica de una población determinada es el área biológicamente productiva necesaria para producir los recursos que consume y absorber los desechos que genera. Esta población, región o país, podría usar la Huella Ecológica y combinarla con evaluaciones de riesgo económico, social y político para observar las tendencias más relevantes. Por ejemplo, el impacto del consumo de trigo por parte de los españoles en 1997, puede ser comunicado como la superficie en hectáreas necesarias hacer crecer la cantidad de trigo que un ciudadano medio consumió ese año. Superficie que fue de 0.035 ha. (3.647.000 Tm de cereal, dividido por el rendimiento del cultivo de trigo que ese año fue de 2,63 Tm/ha, y la población española del mismo año 39.613.000) (Hernández Laguna, 2001 y 2002.)

Haciendo extensivo el cálculo a todos o a la mayoría de los recursos naturales del territorio que realiza la actividad económica de un país, se podrá conocer con bastante aproximación la magnitud del impacto en términos de superficie de biosfera necesaria para sostener su economía y eliminar sus desechos.

El uso de los recursos naturales que se consideran en el cálculo de la Huella Ecológica es: Consumo de energía de combustibles fósiles, superficie construida, pastos, tierra agrícola, bosques y ecosistemas marinos.

Para comprender si un país está destruyendo su capital natural o el de otros países con los que mantiene relaciones comerciales, se ha de comparar la Huella Ecológica de este país con su Biocapacidad para producir y mantener los recursos. Debido a que la Huella Ecológica se ha calculado usando rendimientos globales, la Biocapacidad también ha de calcularse considerando estos rendimientos, para lo cual se multiplica el área disponible *per capita* para cada categoría de uso de la tierra por su factor rendimiento, entendido este como el cociente entre el rendimiento local y el rendimiento global (Chambers *et al.*, 2001). Al comparar la Huella Ecológica total de un país con su capacidad productiva, si el saldo es negativo (*Déficit Ecológico*), se está produciendo una situación de destrucción del capital natural de ese país o de algún otro país del cual se está importando capacidad productiva, en cualquier caso la situación es insostenible. El déficit ecológico actúa como indicador de medida para evaluar el grado de alejamiento del desarrollo sostenible.

3. IMPORTANCIA DEL OLIVAR EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

3.1. Origen del cultivo del olivo y su extensión actual en los países mediterráneos

El cultivo del olivo se originó probablemente hace más de 6.000 años en Oriente Medio (Barranco *et al.*, 2001), como resultado de la intervención humana en las formaciones de acebuche (*Olea europea*, var., *oleaster*) del primigenio bosque mediterráneo. Su difusión se realizó de Oriente a Occidente a través de las dos orillas del mar Mediterráneo. Los primeros olivicultores de cada zona seleccionarían los individuos más sobresalientes

de acebuche por su productividad, tamaño del fruto, contenido en aceite y adaptación al medio. La propagación vegetativa ha mantenido las características de esos cultivares inicialmente seleccionados que constituyeron las primeras variedades (Barranco *et al.*, 2001).

La importancia del olivar en los países mediterráneos, se expresa en la Tabla 1 en términos de superficie ocupada por el cultivo.

TABLA 1: Principales países olivereros mediterráneos por la extensión dedicada al cultivo

País	Superficie(ha)	País	Superficie(ha)
España	2.424.000	Siria	405.000
Italia	1.431.000	Marruecos	450.000
Grecia	1.026.000	Portugal	529.000
Túnez	1.538.000	Argelia	195.530
Turquía	880.000	Jordania	16.360

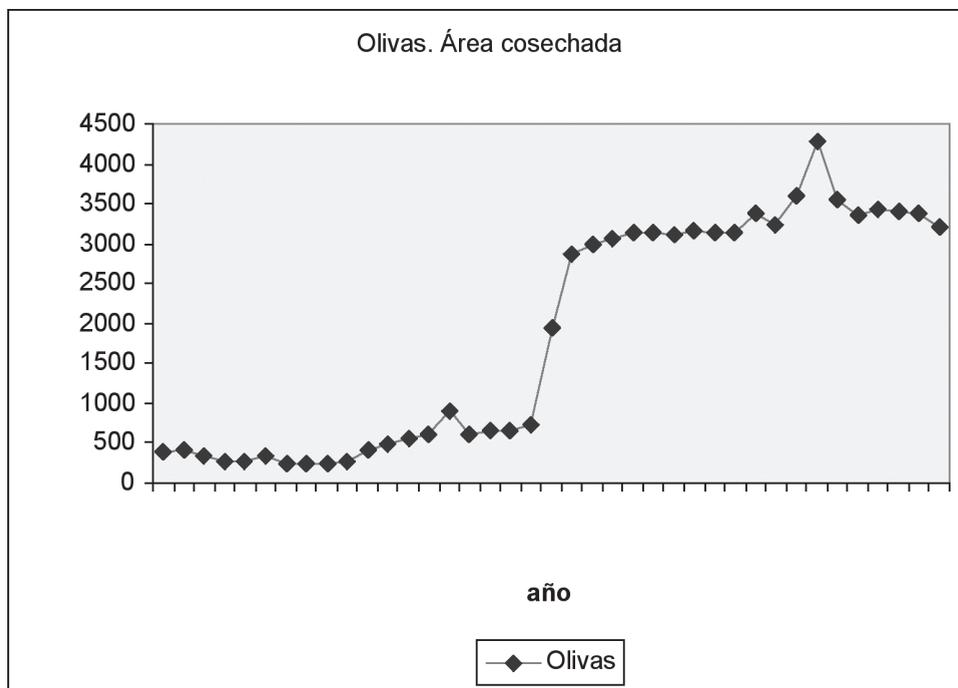


FIGURA 2: Evolución de la superficie dedicada al olivar (1961-2000). Elaboración a partir de FAOSTAT (FAO, 2000).

España es el país en donde el olivar ocupa la mayor extensión, en el ámbito mediterráneo, y el principal productor de olivas. Sólomente Italia la ha desplazado del primer lugar durante cortos períodos de tiempo. La Fig. 2 ilustra la evolución de la superficie dedicada al olivar de 1961 a 1999. (FAO, 2002). En 1998 la superficie de olivar cosechada fue de 3.105.873 hectáreas (ha.), equivalente al 17% de la superficie agrícola total (18.516.000 ha) o el 6% de la superficie nacional (50.603.000 ha.) (INE, 2001).

El olivar, en régimen de monocultivo en extensa zonas, se extiende mayoritariamente por Andalucía con el 60% de la superficie ocupada (Barranco *et al.*, 2002), siendo las provincias de Jaén, Córdoba, Málaga y Sevilla las que mayor superficie dedican al cultivo (Fig. 3).



FIGURA 3: El olivar es un paisaje que mejor sintetiza el campo andaluz. Es el cultivo que ocupa mayor extensión y es casi exclusivo en las tierras de Jaén.

En la última década, el monocultivo del olivar ha registrado un conjunto de profundas transformaciones en la estrategia productiva, especialmente por la conversión de extensas superficies de olivar de secano en olivar de regadío. Esta etapa de intensificación productiva choca con la nueva orientación de la Política Agraria Comunitaria que apunta hacia la retirada de subvenciones a los cultivos generadores de excedentes como puede ser, potencialmente, el olivar. Su aplicación es muy preocupante en aquellas zonas en donde el olivar es la base casi exclusiva de la economía y prácticamente la única opción agrícola, como es el caso de la provincia de Jaén en Andalucía (Araque *et al.*, 2002). Las regiones de monocultivo, como es conocido, son muy vulnerables a los mercados y a las políticas agrarias.

3.2. Sistemas de cultivo en oliva

Las posibles alternativas de cultivo que pueden ser empleadas en el olivar son resumidas en la tabla 2.

TABLA 2: Sistemas de cultivo alternativos del olivar en seco

Cobertura del suelo	Sistemas
<i>Suelo desnudo</i>	<i>Laboreo convencional</i>
	<i>No-laboreo</i>
	<i>Laboreo reducido</i>
<i>Suelo cubierto</i>	

El laboreo es el sistema de cultivo más utilizado por los olivares. En este sistema, el suelo se mantiene despojado de vegetación durante todo el año mediante labores continuadas.

En el sistema de no-laboreo con suelo desnudo, se eliminan totalmente las labores del suelo, encomendando el control de las malas hierbas a los herbicidas.

En el sistema de cultivo con laboreo reducido, del que existen diferentes variantes, se combinan labores de distinta intensidad y profundidad con la aplicación de herbicidas bajo la copa de los olivos.

Desde el punto de vista de la conservación del suelo y uso de agroquímicos, tres diferentes tipos de explotación pueden ser identificados (Bonazzi, 2000):

- (1) *Intensivo*: En este sistema de explotación no existen prácticas de conservación de suelos ni de los recursos biológicos. Importante utilización de productos químicos;
- (2) *Convencional*: Este sistema practica una conservación parcial del suelo y de los recursos biológicos con un uso variable de agroquímicos;
- (3) *Ecológico*: Este sistema practica la conservación total del suelo y de los recursos biológicos sin uso de productos químicos. Ambientalmente es el sistema más aceptable.

Los balances de materia y energía implicados en cada uno de estos sistemas de explotación y las cargas medioambientales que asimilan aquellos elementos que contribuyen al deterioro de los ecosistemas asociados al olivar, son acusadamente diferentes. Las cargas de entrada (*inputs*) que entran en el sistema donde son transformadas y consumidas, como energía y materias primas, suelen desembocar en el empobrecimiento de los recursos bióticos y abióticos. Mientras que las cargas de salida (*outputs*), como son las emisiones de contaminantes por el uso de combustibles fósiles, conducen a diversas formas de degradación ambiental.

El impacto ambiental de estos sistemas de explotación del olivar es muy dispar, sus repercusiones en el paisaje, hábitats, ecosistemas y agrosistemas pueden ser graves, moderadas o débiles. De especial relevancia son los impactos que incrementan las pérdidas de suelo por erosión hídrica y la degradación de los recursos bióticos (flora y fauna) que pueden activar mecanismos de desertificación del territorio. Para la cuantificación de estos impactos se requiere un inventario que identifique las cargas ambientales de cada uno de ellos, el control instrumental de los procesos en las parcelas y campos de olivar y el diseño de modelos predictivos específicos.

4. LA HUELLA ECOLÓGICA DEL OLIVAR

Los impactos que se consideran en el cálculo de la huella ecológica del cultivo del olivo: superficie agrícola, consumo de energía de combustibles fósiles por la maquinaria utilizada en las labores del cultivo, energía incorporada en los *inputs* del cultivo (fertilizantes, herbicidas y maquinaria) y superficies construidas.

4.1. Tierra agrícola

Es la superficie de tierra necesaria para sostener el consumo de olivas por parte de la población española en el año de referencia 1998. Se obtiene dividiendo el consumo aparente de olivas en ese año, 3.663.300 tm, cantidad que resulta de la suma de la producción total, 3.832.000 tm, más las importaciones 3.000 tm, menos las exportaciones, 172.000 tm, dividido por el rendimiento nacional del olivar en toneladas métricas por hectárea (1.2 tm/ha) y la población nacional que fue de 38.649.000 habitantes (FAO, 2000). La huella ecológica del consumo de olivas ese año es de $7.7 \cdot 10^{-8}$ ha *per capita*.

4.2. La Huella Ecológica del consumo de energía

Se han propuesto varios métodos para transformar en superficie de tierra el impacto causado por el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) en la producción de energía. Uno de estos métodos utiliza el área de bosques necesaria para absorber el CO₂ que emiten estos combustibles. Una segunda forma comprendería la superficie de cultivos energéticos para suplir la demanda de energía de un país, por ejemplo producción de etanol a partir del almidón vegetal.

Un tercer método de calcular el área de tierra que sería necesaria para soportar el consumo energético, se basa en la norma de desarrollo sostenible de mantenimiento del capital constante para el mantenimiento sostenible de los recursos no renovables: «estos serían usados en la misma tasa a la que son sustituidos por recursos renovables, en este caso por plantaciones forestales». (El Serafy, 1992).

Aquí se adopta el primer método, que es el más utilizado en la mayoría de los cálculos de huella ecológica, asumiendo una capacidad de almacenamiento de CO₂, constante para los todos los tipos bosques de 1,25 ha para 100 Gigajulios de energía por año (Warkernagel and Rees, 1996).

TABLA 3: Maquinaria empleada en el cultivo del olivo, labores desarrolladas, consumo de energía y energía incorporada en la maquinaria

Maquinaria	Labor	Consumo de energía Gj totales	Energía incorporada Gj totales
Tractor ¹	Tracción de maquinaria	5,776,983	39,040,744
Grada*	Laboreo Superficial		7,081,390
Cultivador*	Descompactación del suelo		6,429,157
Atomizador*	Tratamientos foliares		605,564
Hileadora*	Recoge ramón	8,229,321	12,951,490
Motosierra*	Poda	411,466	31,680
Trituradora*	Tritura los restos de poda	230,097	5,665,112
Remolque*	Retirada de madera gruesa		18,635,238
Vibrador*	Derribo de las aceitunas	822,932	11,647
Rulo*	Preparan el suelo para la recolección		4,028,220
Sopladora*	Limpieza de hojas	3,416	132,176,39611,647
Abonadora*	Distribuye los fertilizantes	15,742,216	9,485,336

* Requiere el uso del tractor

1 Se requieren del orden de 7,8 horas de trabajo de tractor por ha y año (Barranco et al., 2001, p. 243 y 426). En base a este dato se asume que se necesitan 3 tractor cada 100 ha (Bonazzi, 2000). De igual manera todos los instrumentos que necesiten ser arrastrados o cargados por el tractor se asume que se requieren en igual número que de tractores.

4.3. La energía incorporada

Un efecto no considerado en la mayoría de las evaluaciones de impacto ambiental es la energía usada en su completo ciclo de vida, (análisis del impacto producido por la fabricación, transporte, uso y eliminación) de los productos usados (Chambers *et al.*, 2000). Para el cultivo del olivo se ha calculado la huella ecológica *per capita* de los fertilizantes minerales, los herbicidas y la maquinaria usada. Los correspondientes factores de conversión de unidades de energía a unidades de superficie son 50, 40, 50 y 100 Gigajulios por tonelada respectivamente (Wackernagel, 2001).

El peso total de los *inputs*, en toneladas métricas, es traducido a Gigajulios de energía y, después hallada la superficie forestal necesaria para secuestrar el carbono contenido en el CO₂ desprendido por el uso de la energía encarnada como combustible fósil utilizando el factor de conversión correspondiente (71 ha/Gj.). En la tabla 3 se enumeran las labores y la maquinaria empleada en ellas, el consumo energético y la energía incorporada en el cultivo del olivo en régimen de laboreo con suelo desnudo y en la tabla 4 se expresa el correspondiente consumo y energía incorporada por los fertilizantes minerales y los herbicidas.

TABLA 4: Consumo de fertilizantes minerales y herbicidas y energía incorporada por estos utilizados en el cultivo del olivo

Inputs	Intensidad energética Gj/Tm	Cantidad añadida Kg/ha.	Energía Incorporada Gj
Fertilizantes	50		28,962,227
Nitrógeno		111	
Fósforo		34	
Potasio		41, 5	
Herbicidas*	40	2	248,470

* En el método de cultivo de laboreo no son utilizados herbicidas y el control de las malas hierbas es confiado al tratamiento mecánico con la grada.

Para obtener la huella ecológica que ha supuesto el cultivo de las 3,105,873 ha de olivar en 1998 en España, se divide la energía, en Gigajulios por el factor capacidad de almacenamiento de CO₂ de una hectárea de bosque *standar* y la población española en 1998. La cifra representaría el impacto, en hectáreas de terreno, que la producción neta de aceitunas causó por cada español en 1998: 0.048 ha/h.

4.4. Tierra construida

La superficie de terreno bajo las edificaciones para guardar maquinaria, aperos de labranza es evaluada como tierra agrícola. Así es que el factor rendimiento que se utiliza para hallar su huella es el mismo que el del olivar. Según Bonnazzi (2000), las edificaciones anexas a las explotaciones de olivar ocupan una superficie media de 12 m², realizando los cálculos pertinentes obtenemos una huella ecológica para aquellas de 7.85 *10⁻⁵ ha/p.c, año.

4.5. Producción de energía de biomasa

La poda del olivar, realizada generalmente cada dos años produce, aproximadamente, entre 25 y 30 kg de leña por árbol. Estos restos de poda conocidos, como leña, se aprovechan como energía de biomasa y supone una fuente adicional de ingresos para el agricultor (Barranco *et al.*, 2001). Para el año de referencia 1998, la totalidad del olivar produjo 8.541.151 Tm. de leña, equivalente a una producción de energía de biomasa 0,0031 Gigajulios (GJ) por cada habitante, además del secuestro de CO₂ que supone la renovación de tal biomasa. Esta función de sumidero de CO₂ de los agrosistemas forestales, cómo las dehesas de encinar, alcornocal y olivar, debería ser investigada y evaluada

para su contribución al cumplimiento del *Protocolo de Kyoto* para controlar el cambio climático global.

4.6. La Biocapacidad del olivar

La capacidad *per capita* del territorio español para producir aceitunas se ha calculado como la superficie cosechada, en 1998, dividido por la población española en ese mismo año. Este cociente arroja la cantidad de 0,080 ha por cada español medio. En la tabla 5 se expresan las cantidades de huella ecológica, biocapacidad y déficit ecológico del cultivo del olivar en laboreo con suelo desnudo.

TABLA 5: Huella Ecológica, Biocapacidad y Déficit ecológico del cultivo del olivar en régimen de laboreo con suelo desnudo

Huella Ecológica	Ha/pc
Tierra agrícola	7,68 10 ⁻⁸
Tierra para energía	0,5372
Tierra construida	7.82 10 ⁻⁵
Energía de la poda	-0,0031
TOTAL	0,05342
Biocapacidad	0,08036
Déficit ecológico	0,0269

De los datos ofrecidos se puede deducir que el cultivo del olivar es una actividad sostenible ecológicamente, dado que su déficit ecológico es positivo, es decir la capacidad del territorio español para producir aceitunas es mayor que el impacto ecológico en cuanto a requerimientos de tierra y energía requerida para tal actividad. Además, si se tiene en cuenta los servicios ecológicos que presta este cultivo en la conservación de una biodiversidad típica de una dehesa mediterránea, en el valor de un paisaje singular (Fig. 4), en la contención de la erosión, preservación de la humedad ambiental y del suelo y como sumidero de CO₂, por solo citar algunos de los beneficios ecológicos, se desprende la importancia ecológica, económica y social del olivar.

FIGURA 4: Olivar de Mora de Toledo, el más importante de Castilla-La Mancha



4.7. Huella ecológica del cultivo del olivo en régimen de no laboreo

Para determinar el poder de la Huella Ecológica, como indicador válido, para medir la sostenibilidad ecológica de diferentes técnicas de cultivo, se calcula la huella ecológica del cultivo en régimen de no laboreo. En este método de cultivo, el uso de insumos y maquinaria es menor. El uso de tractor, por ejemplo, es de un orden 27% menor por ha y año que en el otro sistema (Barranco et al., 2001), con el consiguiente ahorro energético. El control de las malas hierbas se realiza mediante herbicidas en lugar de su eliminación mecánica mediante la grada. En la tabla 6 aparecen las cifras de huella ecológica y déficit ecológico para el cultivo del olivo en régimen de no laboreo con el suelo desnudo.

Se constata que el impacto, en términos de huella ecológica, del método de cultivo del olivar en régimen de no laboreo es 1,25 veces menor que el de laboreo, sobre todo, en cuanto a remoción mecánica de suelo que se traduce en una menor erosión del suelo, aspecto relevante en las tierras bajo condiciones climáticas mediterráneas (Albaladejo *et al.*, 1990; López Bermúdez, 1990, 1996; Lasanta y García Ruiz, 1996; Rubio y Calvo, 1996; García Ruiz y López García, 1997).

TABLA 6: Huella ecológica, biocapacidad y déficit ecológico del cultivo del olivar en régimen de no laboreo con suelo desnudo

Huella Ecológica	Ha/pc
Tierra agrícola	7,68 10 ⁻⁸
Tierra para energía	0,04966
Tierra construida	7.82 10 ⁻⁵
Energía de la poda	-0,0031
TOTAL	0,04664
Biocapacidad	0,08036
Déficit ecológico	0,03372

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se ha tratado de mostrar el indicador de la huella ecológica como valor de la sostenibilidad del más importante cultivo arbóreo mediterráneo: el olivar. La huella ecológica se muestra un indicador robusto en cuantificar la sostenibilidad de las intervenciones humanas en el medioambiente, en términos de hectáreas de terreno productivo necesarias para soportarlas e incluso para indicar que metodología es menos impactante dentro de esa actividad. Lo anterior expresa, aplicando el cálculo de la huella ecológica al cultivo del olivar, que este es una actividad sostenible ecológicamente, dado que su déficit ecológico es positivo, es decir la capacidad del territorio español para producir aceitunas es mayor que el impacto ecológico en cuanto a requerimientos de tierra y energía requerida para tal actividad. Más aún si se tiene en cuenta las funciones ecológicas que presta este cultivo en la conservación de la biodiversidad mediterránea, en la conservación del suelo y lucha contra la erosión y la desertificación, en la preservación de la humedad ambiental y del suelo, en la conservación de un paisaje de calidad, en las conexiones ecológicas y como importante sumidero de CO₂, por citar sólo algunos de los beneficios ecológicos que se derivan del cultivo además de los beneficios económicos. El cultivo y mantenimiento sostenible del olivar mediterráneo es una valiosa actividad mediterránea desde el interés ecológico, económico, social y cultural.

La huella ecológica muestra que el cultivo del olivo es una actividad sostenible, sin embargo, hay condiciones de cultivo en las que resulta insostenible como cuando se roturan tierras marginales en laderas con fuertes pendiente sin construcción de terrazas o cuando los agricultores aran el terreno en el sentido de máxima pendiente. En estos casos de olivares en pendiente, las tasas de pérdidas de suelo pueden ser muy altas de 60, 80 tm/ha y año e incluso superar las 100 Tm/ha y año (Barranco *et al.*, 1997; Bonazzi, M. comunicación personal). La evaluación de la huella ecológica puede servir para conocer la insostenibilidad de determinadas prácticas de cultivo bajo condiciones biofísicas no aptas para el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a D. Cristóbal Barnuevo y López de los Cobos y al Dr. Marco Bonazzi Director y Coordinador Nacional Óleo-Life, Centro de Recursos del Olivo de Baeza (Jaén) por la valiosa información suministrada. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación REN2000-1507-C03-03/GLO *Procedimiento de alerta y evaluación de la desertificación en España*, financiado por el Plan Nacional de I+D, Ministerio de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS

- ALBALADEJO, J.; STOCKING, M.A.; DÍAZ, E., Eds. 1990: *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. CEBAS. ISBN: 84-00-07045-3. Murcia. 235 pp.
- ARAQUE JIMÉNEZ, E.; GALLEGO SIMÓN, V.J.; SÁNCHEZ MARTÍNEZ, J.D. 2002: El olivar en la provincia de Jaén. *Investigaciones Geográficas*, 28: 5-32.
- ARONSON, J., 2002: Restoring Natural Capital in Mediterranean Ecosystem and Landscape (web site: www.gentcat.es/mediamb/bioplatform) www.gentcat.es/mediamb/bioplatform
- BALABANIS, P.; PETER, D.; GHAZI, A.; TSOGAS, M. (Eds.) 1999: Mediterranean Desertification. Research results and policy implications. European Commission. Directorate-General Research. EUR 19303. ISBN 92-828-8127-X. Luxembourg, 429 pp.
- BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. 2001: *El Cultivo del Olivo*. Editorial Mundi Prensa y Junta de Andalucía. Madrid.
- BONAZZI, M., 2000: *Sustainable Development: the Phantom of the Millenium*. Oleo-Life project, AEMO-European Commission DG ENV, LIFE, Jaén-Guildford.
- BLONDEL, J. & AROSON J. 1999: *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford.
- BURDALO, S. 1997: Valores ecológicos y paisajísticos del olivar. *Fomento y Medio Ambiente*, 456: 50-55.
- BRANDT, C.J.; THORNES, J.B. (Eds.) 1996: *Mediterranean Desertification and Land Use*. John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-94250-2. Chichester, England. 554 pp.
- BRUNDTLAND, G. 1987: *Our Common Future*. The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. ISBN: 0-19-282080-X. Oxford, 400 pp.
- EL SERAFY, 1992. In: Yusuf J. Ahmad, Salah El Serafy and Ernst Lutz, *Environmental Accounting for Sustainable Development*. The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources. The World Bank.
- FAO, 1998. FAOSTAT database. Food balance Sheets (<http://www.fao.org/>)
- GARCÍA RUIZ, J.M.; LÓPEZ GARCÍA, P., (Eds.). 1997: *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*. Instituto Pirenaico de Ecología. CSIC., ISBN: 84-921842-2-1. Zaragoza, 339 pp.
- GEESON, N.A.; BRANDT, J.; THORNES, J.B., (Eds.) 2002: *Mediterranean Desertification. A Mosaic of Processes and Responses*. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0-470-84448-5. Chichester, England, 439 pp.

- HERNÁNDEZ LAGUNA, E. 2001: La Huella Ecológica de la dieta de los españoles. *El Ecologista*. 2: 44-46.
- HERNÁNDEZ LAGUNA, E. 2002: La Huella Ecológica y La Biocapacidad de España en 1998. *El Ecologista*. 31: 54-56.
- FREITAS, H. 2002. (Chairwoman). Summary of the 1st. week of E-conference. www.gencat.es/mediamb/bioplatform
- INE, 1998. Base de datos. Instituto Nacional de Estadística (<http://www.ine.es>)
- KOSMAS, C.; DANALATOS, N.G.; LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ROMERO-DÍAZ, M.A. 2002: The effect of land use on soil erosion and lands degradation under mediterranean conditions. In *Mediterranean Desertification: A Mosaic of Processes and Responses*. Edited by N.A. Geeson, C.J. Brandt & J.B. Thornes. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0-470-84448-5. London, pp. 57-70.
- LASANTA, T.; GARCÍA RUIZ, J.M., Eds. 1996: Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales. Instituto de Estudios Riojanos. Sociedad Española de Geomorfología. ISBN: 84-89362-09-2, Zaragoza, 211 pp.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1990: Soil erosion by water on the desertification of a SemiArid Mediterranean fluvial basin: The Segura basin. Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 33. Nº 2, pp. 129-145.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1995: «Desertificación: una amenaza para las tierras mediterráneas». *El Boletín*, núm. 20, pp. 38-48. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1996: «Erosión del suelo e intervención humana en las regiones Mediterráneas de la Península Ibérica». En *Portugal-España: Ordenación territorial del Suroeste comunitario*. A.J. Campesino; C. Velasco, Coordinadores. Universidad de Extremadura. I.S.B.N. 84-7723-251-2. Cáceres: 141-170.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1999: Indicadores de la Desertificación: Una propuesta para las tierras mediterráneas amenazadas. *Murgetana*, 100: 113-128. Real Academia Alfonso X El Sabio. Murcia.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 2001: El riesgo de desertificación. En *Agricultura y Desertificación*. F. Martín de Santa Olalla, Coord. Mundi-Prensa. Madrid. 15-38.
- NAVEH, Z., 2002: *Mediterranean Landscape*. www.gencat.es/mediamb/bioplatform
- RUBIO, J.L.; CALVO, A., Eds. 1996: *Soil degradation and Desertification in Mediterranean Environments*. Geoforma Ediciones. ISBN: 84-87779-26-3. Logroño. 290 pp.
- WARKERNAGEL, M., AND REES, W. 1996: *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island. BC. Canada (www.RedefiningProgress.org).
- WACKERNAGEL, M. 2000: Sharing Nature's Interest: Ecological Footprint as an Indicator for Sustainability. Nicky Chambers, Craig Simmons. Earthcan, London (www.ecologicalfootprint.com).

