

Análisis económico de la erosión del suelo: valoración de los efectos externos en la cuenca del Alto Genil

Sergio Colombo y
Javier Calatrava Requena *

RESUMEN: El presente trabajo trata de evaluar los efectos externos de la erosión del suelo mediante el uso del método del Experimento de Elección (EE). Tras una breve revisión de la literatura socioeconómica sobre el problema de la erosión y de los métodos empleados para evaluar sus efectos, se describe una aplicación a la evaluación de los efectos externos de la erosión del suelo en la cuenca del Alto Genil (Granada). El empleo del método del EE permite el cálculo de los valores asociados a los impactos más importantes de la erosión, así como proporcionar al administrador público información útil para la determinación de prioridades de gestión en el contexto de la planificación territorial. También se estima la variación de bienestar que la aplicación de políticas de reducción de la erosión del suelo, y sus efectos externos, induce en los ciudadanos. Dichas valoraciones se compararán con las actuales ayudas que la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía reconoce a los agricultores que adoptan métodos de producción agraria de conservación del suelo.

PALABRAS CLAVE: Valoración monetaria, Externalidades, Experimento de Elección, Erosión.

Códigos JEL: Q0.

Economic analysis of soil erosion: the off-site effects evaluation in the Genil basin

ABSTRACT: The paper presents the economic evaluation of the soil erosion off-farm effects by means of the Choice Experiment method. After a review of the main studies that consider, under a socio-economic point of view, the soil erosion problem an application of the choice experiment to monetary evalua-

* Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria (IFAPA), Departamento de Economía y Sociología Agraria, CIFA de Granada, Apdo. 2027, Granada.

Dirigir correspondencia a: Sergio Colombo scolombo@ugr.es

Recibido en junio de 2004. Aceptado en febrero de 2005.

tion of the off-farm effects of soil erosion in the Alto Genil watershed (Granada province) is described. The choice experiment method allows the estimation of the values of the most important soil erosion impacts, so that to provide public-decisors with useful information regarding land management. Also, the welfare change experimented by citizens, due to the implementation of soil erosion reduction policies, is investigated. These evaluations will be compared with the subsidy that the regional government grants to farmers that adopt soil conservation measures.

KEYWORDS: Monetary evaluation; Externalities; Choice Experiment; Erosion.

1. Introducción

El problema de la erosión del suelo ha cobrado particular relevancia en las últimas décadas por la mecanización de las labores agrícolas y la introducción masiva de sustancias fertilizantes que han permitido cultivar tierras anteriormente no aptas o marginalmente aptas para uso agrícola, prácticamente durante todo el año. Además, nuevas formas de manejo del suelo más intensivas han ido apareciendo y ejerciendo siempre más presiones sobre el recurso suelo. Un círculo cerrado propenso a la producción de erosión se ha instaurado; en las tierras de cultivos marginales, los agricultores se han visto obligados, para mantener los altos niveles de producción deseados, a intervenir cada vez más repetida y profundamente en la preparación del suelo, causando así altísimas tasas de erosión y la necesidad de incrementar las labores de cuidado futuro.

En España la tasa de erosión del suelo es muy elevada. Según el informe del Plan Forestal Español (Ministerio de Medio Ambiente, 2002) se estima que 5.9 millones de hectáreas están afectadas por tasas de erosión por encima de las 50 t ha⁻¹ año⁻¹. Las pérdidas anuales de suelo son, según el citado Plan Forestal, de 1.156 millones de toneladas, la mayoría de las cuales se originan en los cultivos leñosos y herbáceos de secano, donde la cobertura del suelo es muy escasa o ausente durante largos periodos.

La erosión del suelo causa multitud de efectos negativos. El efecto más conocido y estudiado es la reducción de la productividad agrícola. Este efecto negativo se define *in situ*, dado que afecta directamente a la rentabilidad del agricultor (*on-farm effect*). Además del efecto en la productividad agrícola, la erosión del suelo produce otros efectos negativos que afectan no sólo a los agricultores sino al conjunto de la sociedad. Ejemplos de estos efectos externos a la explotación agraria (*off-farm effects*) pueden ser el avance de la desertificación, la pérdida de puestos de trabajo debida a la reducción de la productividad agrícola, la contaminación de los recursos hídricos, la reducción de la biodiversidad, la colmatación de los embalses, el aumento de probabilidad de riadas con efectos devastadores, etc.

Los efectos externos mencionados son externalidades negativas de la actividad agraria. Los agricultores no están interesados por, o son indiferentes a, la reducción de estos efectos, dado que, a pesar de los enormes perjuicios sociales que pueden originar, no influyen en la rentabilidad de las explotaciones agrarias. Considerando que la reducción de los efectos externos de la erosión del suelo beneficiaría más a la so-

ciudad que a los agricultores, es racional pensar que la sociedad tendría que internalizar las externalidades negativas mencionadas, pagando a los campesinos para que reduzcan la tasa de erosión en sus fincas y, así, disminuyan los efectos negativos de ésta. Al internalizar las externalidades negativas mencionadas, la sociedad estaría indirectamente también financiando la reducción de los efectos *in situ*.

La Economía Ambiental ofrece herramientas que permiten asignar un valor económico a los bienes y servicios ambientales que no tienen precios en los mercados. Entre los métodos de la economía ambiental, los de preferencias expresadas, es decir, basados en la expresión oral de las preferencias de los consumidores, han demostrado ser muy eficaces en la valoración de recursos ambientales. Estos métodos tienen como característica común la utilización de sondeos a consumidores a través de los cuales simulan un mercado en el cual es posible intercambiar los bienes ambientales objeto de estudio. Así, es común presentar a los entrevistados un cambio en la provisión del bien (la reducción de los efectos externos de la erosión del suelo) y determinar, directamente (en el caso de la valoración contingente con formato de pregunta abierta, por ejemplo) o indirectamente (en el caso del método del experimento de elección, por ejemplo), la máxima disposición a pagar por el cambio propuesto. El empleo de encuestas confiere a estos métodos una gran versatilidad de uso haciéndolos particularmente aptos para la estimación de los valores de uso y los de no-uso.

En este trabajo³ tras una revisión de la literatura económica en materia de erosión del suelo, se aplica el método del Experimento de Elección (EE), a la evaluación de los efectos externos de la erosión en la cuenca del Alto Genil (Granada), para la estimación de la DAP (Disposición A Pagar) para la reducción de los efectos externos más importantes. Dicha estimación se comparará con la prima que la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía reconoce a los agricultores que adoptan técnicas de conservación del suelo en la producción agraria.

El trabajo está organizado de la siguiente forma. En el siguiente apartado se resume el estado de la cuestión en materia de evaluación económica de la erosión. En el siguiente epígrafe se comentan las bases teóricas del método del EE para luego describir el diseño del cuestionario. En los dos últimos apartados se presentan los resultados y se comentan las principales conclusiones obtenidas.

2. Estado de la cuestión en la evaluación económica de la erosión del suelo

La evaluación económica de los efectos de la erosión del suelo ha sido ampliamente considerada en los últimos años⁴. Los estudios al respecto se pueden subdivi-

³ La investigación se ha realizado en el contexto del proyecto INIA RTA01-128 «Valoración y Análisis Económico de Impactos Ambientales en Procesos Erosivos: Aplicación en Zonas del Sudeste Español».

⁴ Para un tratamiento más detallado de los estudios sobre evaluación económica de la erosión del suelo, el lector que estuviera interesado puede consultar el trabajo de Colombo S. (2004).

dir en aquellos que tratan de los efectos de la erosión *in-situ*, y en particular de la disminución de la productividad agrícola, y los que consideran los efectos fuera del ámbito agrícola.

El grupo de los estudios de los efectos *in-situ* es muy amplio y, excepto en puntuales investigaciones (Pattanayak y Mercer, 1998), proporcionan una valoración económica a la erosión del suelo obtenidas de forma indirecta. La forma más común es calcular la productividad de la tierra en explotaciones agrarias en presencia de erosión y en explotaciones similares en ausencia de erosión, y atribuir la diferencia de beneficios (cuantificada como productividad perdida por los precios de mercado de los bienes) al efecto de la erosión.

Entre este grupo se pueden identificar varios conjuntos, como por ejemplo:

1. Trabajos que utilizan la teoría dinámica de gestión y control de stocks para determinar las condiciones bajo las cuales los individuos o la sociedad deciden el óptimo de utilización y conservación para los suelos. Goetz (1997) determina la senda óptima de utilización del suelo para que los agricultores maximicen el valor presente neto de la productividad agrícola. Para ello, considera que la utilización óptima del suelo es un proceso dinámico que debe ser modificado en el tiempo en función del espesor del suelo.

2. Los estudios que usan modelos de programación lineal para evaluar las políticas públicas de conservación de suelo; en este contexto el trabajo de Cárcamo *et al.*, (1994) es particularmente relevante. En él se intenta definir la mejor combinación de medidas de conservación del suelo y tipos de cultivos que maximicen los beneficios, bajo diferentes niveles de erosión y riesgo.

3. Los ensayos que aplican modelos macroeconómicos para extender los efectos locales de pérdida de productividad de la erosión a la economía regional o nacional, como el estudio de Alfsen *et al.* (1996) que investiga los efectos que la erosión del suelo ejerce sobre el crecimiento económico de Nicaragua. Los autores examinan dos escenarios: en el primero se estima el crecimiento económico del país si no se adoptara ninguna medida de conservación del suelo y no se procediera a ningún ajuste macroeconómico que considere la disminución en la productividad. En el segundo escenario se incorporan los efectos de la erosión en la productividad.

4. Los trabajos que determinan, a través de la estimación econométrica de funciones de beneficios, el nivel óptimo de conservación del suelo. Por ejemplo, Shukla *et al.* (1996) relacionan, a través de una función de producción tipo Cobb-Douglas, la productividad del sector agrícola con el stock de capital, el uso de la mano de obra y la profundidad del horizonte superficial del suelo.

5. Las investigaciones que analizan la adopción de medidas de conservación de suelos a través de modelos probit y logit (Shively, 1997; Shiferaw y Holden 1998, Lucila *et al.* 1999, etc.), o que abordan, a nivel descriptivo, la adopción de medidas de conservación del suelo con características históricas y culturales de los asentamientos agrícolas (Walters *et al.*, 1999), o a través de técnicas multivariantes discriminantes (Earle *et al.* 1979).

6. Los trabajos basados en la determinación de la relación entre erosión y productividad a través de juicios de expertos (Bunn, 1997), de funciones matemáticas

entre erosión y productividad, específicas para cada cultivo y creadas *ad-hoc* por el investigador (Gunatilake y Vieth, 2000), o a través de programas informáticos específicos, como por ejemplo EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator). En este último grupo se encuentran, entre otros, los trabajos de Poudel *et al.* (1999), Lee *et al.* (1999) y Chung *et al.* (1999).

7. Los trabajos que asignan un valor a la erosión basándose en el método de precios hedónicos, como por ejemplo el de Palmquist y Danielson (1989).

8. Las investigaciones que estiman el coste de corrección para cuantificar monetariamente los efectos de la erosión del suelo, como el de Pimentel *et al.* (1995) en los Estados Unidos o el de Álvarez *et al.* (1994) en España. En este último, los autores comparan los beneficios obtenidos en ausencia y presencia de sistemas de conservación del suelo relativos a una serie inter-temporal de varios años en los cultivos de trigo y de girasol.

Las investigaciones que persiguen obtener evaluaciones monetarias de los efectos externos de la erosión del suelo son mucho más escasas que las que contabilizan los efectos internos. Actualmente, la cuantificación de los efectos externos de la erosión es un tema novedoso de investigación, dado que se ha reconocido que su magnitud económica es mucho más importante que la del conjunto de los efectos *in-situ*. Disponer de una valoración global de los efectos externos podría justificar el mantenimiento de las políticas de reducción de la erosión del suelo o la adopción de nuevas formas de protección ambiental.

El trabajo de Clark *et al.* (1985) es el estudio pionero sobre los efectos externos de la erosión. Los autores estiman, a través del coste de corrección, los impactos de los sedimentos de suelo erosionado en diversos usos, públicos y privados, de los recursos hídricos. Consideran los efectos en la navegación, en los tratamientos de las aguas, en los efectos de las riadas, en el riego, en las actividades recreativas y varios otros usos municipales e industriales. Este trabajo ha sido reiteradamente criticado porque tratándose de investigaciones localizadas en enclaves muy específicos, los resultados fueron extrapolados a nivel nacional. También con el método del coste de corrección, Hansen *et al.* (2002) cuantifican los costes causados por la erosión del suelo en la navegación. En su análisis, a través del empleo de los sistemas de información geográfica, abarcan las 2.111 cuencas de los Estados Unidos proporcionando una estimación fiable de 257 millones de dólares/año.

Otras investigaciones han empleado el método del coste de viaje para determinar el impacto económico de la reducción de la erosión del suelo en los Estados Unidos en las actividades recreativas (Feather y Hellerstein, 1997), en la caza del faisán (Hellerstein, 1998) y en la observación de los animales salvajes en la naturaleza (Hansen *et al.*, 1999).

En el marco de los métodos de preferencias expresadas hay dos estudios de valoración contingente que tratan de los efectos externos de la erosión del suelo en el Sureste de España. Almansa y Calatrava (2001), mediante un ejercicio de valoración contingente, en el contexto de un análisis Coste-Beneficio Ambiental, determinan los beneficios ambientales que se derivan de la implementación de un proyecto de restauración hidrológico forestal corrigiendo y amortiguando la erosión, en el municipio de Lubrín

(Almería). Entre los beneficios ambientales los autores citan el aumento de las potencialidades recreativas del área, el aumento de las especies animales para la caza, la reducción del riesgo de inundaciones, la creación de empleo para la realización de las obras y su mantenimiento, el aumento de la biodiversidad y la mayor fijación de anhídrido carbónico. Colombo *et al.* (2003) emplean la valoración contingente para la determinación del impacto económico de los efectos externos de la erosión del suelo en la cuenca del Alto Genil (Granada). Los autores consideran un amplio espectro de efectos, como el avance de la desertificación, los efectos en las aguas superficiales y subterráneas, en la flora y fauna, en la probabilidad de riadas y daños a la estructura vial y los efectos derivados de la concentración de polvo en la atmósfera.

Respecto a estos trabajos, lo que aquí se presenta supone una valoración económica más amplia, ya que además de proporcionar el valor del cambio de bienestar por la reducción del conjunto de los efectos externos de la erosión, también se asigna una valoración monetaria a cada uno (precio implícito) de los efectos más importantes de la erosión del suelo. Esta información es particularmente relevante para la toma de decisiones por parte de los administradores públicos, ya que permite definir prioridades de actuación de acuerdo a la importancia relativa de cada efecto.

3. Metodología

3.1. *El método del Experimento de Elección*

En el método del EE se presenta a los entrevistados una serie de alternativas de elección referentes a estados del bien (ambiental) de interés para el estudio, y se les pide que elijan la alternativa preferida. En general, la forma de presentación de las alternativas de elección se concreta en bloques de elección entre tres alternativas en los cuales una alternativa es fija, y con ella se suele describir el estado actual en que se encuentra el bien (status quo), mientras que las otras dos alternativas varían (alternativas A y B) y representan cambios respecto a la situación de referencia.

El bien objeto de estudio viene definido a través de descriptores que se llaman *atributos*. A través de los atributos se sintetiza a los encuestados el bien (ambiental) en examen. La descripción del estado actual del bien, y de las modificaciones de este estado obtenidas a través de las gestiones propuestas en el estudio, se lleva a cabo asignando diferentes valores a los atributos llamados *niveles*. Los niveles tienen la función de describir los impactos (que las diferentes alternativas implican) en el atributo al cual pertenecen.

La técnica del EE es una aplicación de la teoría del valor de Lancaster (1991) asociada a la teoría de la utilidad aleatoria (Mansky 1977). También, tiene su referencia en la teoría de la integración de la información en psicología y a la teoría económica de elección discreta (Louviere, 1988).

En un EE, el analista considera cada encuestado como si tuviera una función de utilidad condicional del siguiente tipo:

$$U_{in} = U(X_i, S_n) \quad [1]$$

donde para cada individuo n , un determinado nivel de utilidad viene asociado a la elección de la alternativa i . Lógicamente la alternativa i será escogida respecto a cualquier otra j , si la $U_i > U_j$. X_i representa el vector de los atributos del bien determinantes de la elección mientras que S_n es el vector de las características socioeconómicas del individuo n .

En la teoría de la utilidad aleatoria se considera que la función de utilidad del encuestado está compuesta por dos partes: una sistemática, V , que contiene los factores considerados por el analista, y otra aleatoria, e , no observable, que recoge todos los elementos de información utilizados por los encuestados en el momento de la elección que no están bajo el control del investigador. Así, la utilidad de una alternativa i cualquiera se puede representar como:

$$U_{in} = V(X_i, S_n) + \epsilon_{in} \quad [2]$$

Por la presencia de la componente aleatoria de la utilidad el investigador no podrá nunca entender y predecir perfectamente las preferencias de los encuestados. Se trata entonces de un problema estocástico que, como es lógico, lleva a la definición de la probabilidad de elección. La probabilidad de que un individuo n escoja la alternativa i en lugar de la alternativa j (para cualquier j perteneciente al espacio de las alternativas considerado C) viene dada por:

$$\text{Prob}_{in} = \text{Prob}(V_{in} + \epsilon_{in} > V_{jn} + \epsilon_{jn}) \quad \forall j \in C \quad j \neq i \quad [3]$$

Para obtener un modelo que nos permita estimar la probabilidad de elección de una alternativa hace falta hacer unas hipótesis sobre la distribución de los términos de error. Por conveniencia analítica, se suele considerar que los ϵ_{in} , para todas las alternativas consideradas, sean independientes e idénticamente distribuidos (IID) según una distribución Gumbel o de valor extremo (Ben-Akiva y Lerman, 1985). En este caso, la probabilidad de que el individuo n elija la alternativa i entre todas las alternativas posibles, j (1, ..., J), viene descrita por el modelo logístico condicional (McFadden 1973):

$$\text{Prob}_{in} = \exp(\mu V_{in}) / \sum_j \exp(\mu V_{jn}) \quad \forall j \in C \quad [4]$$

La estructura de este modelo indica que la probabilidad de que una alternativa i sea elegida por el individuo n es función de la parte sistemática (V) de la función de utilidad de dicho individuo para la alternativa en cuestión, i , y para todas las alternativas j , y de un parámetro de escala μ , que deriva de la distribución Gumbel, y es igual a $\pi^2/6\sigma^2$, donde σ es la varianza del término de error y $\pi = 3,1416$. El parámetro de escala suele ser normalizado a 1 para cada base de datos utilizada para el cálculo del modelo.

La ecuación [4] permite relacionar la probabilidad de elección de cada alternativa con la utilidad asociada a la misma. Para determinar la importancia relativa que los atributos tienen en las alternativas hace falta definir la forma funcional de la función

de utilidad que relaciona cada alternativa con los atributos que la describen. En principio, la función de utilidad para la alternativa genérica j , V_j , puede tener diferentes formas aunque la más utilizada es una función lineal y aditivamente separable en los parámetros:

$$V_j = \text{Const}_j + \sum_k \beta_{jk} X_{jk} + \sum_m \gamma_m S_{mn} \quad [5]$$

donde:

- Const: constante específica de la alternativa;
- j : representa la alternativa en cuestión en las J alternativas presentes en las tarjetas de elección;
- X_{jk} : representa el nivel del atributo k en la alternativa j ;
- β_{jk} : vector de coeficientes de los atributos especificados en el modelo;
- S_{mn} : representa el valor de la característica socioeconómica m (1, ..., M) del individuo n ;
- γ_m = vector de coeficientes de las características socioeconómicas de los entrevistados⁵.

Sustituyendo la ecuación [5] en la ecuación [4] la probabilidad de que el individuo n elija la alternativa i es:

$$\text{Prob}_{in} = \frac{\exp(\text{Const}_i + \sum_k \hat{\alpha}_{ik} X_{ik} + \sum_m \hat{\alpha}_m S_{mn})}{\sum_j \exp(\text{const}_j + \sum_k \hat{\alpha}_{jk} X_{jk} + \sum_m \hat{\alpha}_m S_{mn})} \quad \forall j \in C \quad [6]$$

A través de un ajuste máximo verosímil es posible estimar los valores de los coeficientes β y γ que maximizan la probabilidad de que un individuo seleccionado aleatoriamente escoja la alternativa que ha elegido realmente. Cada estimador β_{jk} representa la importancia que el atributo k tiene en la utilidad de la alternativa j . Estimados los β_{jk} y γ_m es posible estimar el valor de la utilidad (V_{jn}) asociada a la alternativa j y al individuo n , simplemente aplicando la ecuación 5.

El modelo permite el cálculo de la relación marginal de sustitución (RMS) entre cualquiera de los diferentes atributos considerados. En el caso de que la función de utilidad sea lineal basta dividir los coeficientes entre dos atributos cualesquiera para conocer la RMS entre ellos. Por ejemplo, si β_t es el coeficiente del atributo «puestos de trabajos» y β_b es el coeficiente del atributo «número de especies protegidas» el cociente:

$$\text{RMS}_{b,t} = - (\beta_b / \beta_t) \quad [7]$$

proporciona el número de puestos de trabajo a que los encuestados estarían dispuestos a renunciar para aumentar en una unidad el número de especies protegidas.

⁵ Dado que las características socioeconómicas son invariantes en las diferentes alternativas no es posible insertarlas directamente en el modelo, sino que deben ser añadidas en forma de interacción con las constantes o con los atributos.

En presencia de un atributo monetario es posible calcular los precios implícitos (relación marginal de sustitución respecto al dinero) de cada atributo. Los precios implícitos expresan la DAP de los encuestados para un cambio unitario en los atributos no monetarios. Por ejemplo, el cociente:

$$\text{Precio implícito}_t = - (\beta_t / \beta_m) \quad [8]$$

donde β_t es el coeficiente del atributo «puestos de trabajos» y β_m es el coeficiente del atributo monetario, proporcionaría la DAP para obtener un puesto de trabajo más.

Enfocando el estudio en el análisis de las alternativas en lugar de en el de los atributos es posible obtener estimaciones del excedente compensatorio (ECP), es decir de la variación en el bienestar inducido por cambios del estado actual del bien estudiado cuando el bien considerado es un bien público, no optativo. A partir de un modelo logístico condicional estimaciones del ECP pueden ser calculadas utilizando la fórmula general propuesta por Hanemann (1984):

$$\text{ECP} = - \frac{V_0 - V_1}{\beta_m} \quad [9]$$

donde V_0 y V_1 representan la utilidad que el individuo experimenta antes y después del cambio y β_m es el coeficiente del atributo monetario (utilidad marginal de la renta).

3.2. *Diseño del experimento y obtención de los datos*

En este trabajo, para la valoración de los efectos externos de la erosión del suelo, se ha supuesto la implementación de un proyecto de disminución de la tasa de erosión del suelo. El hipotético proyecto comprende principalmente dos actuaciones: la siembra de cubierta vegetal en las hileras de los olivares, y la puesta de una vegetación arbustiva y arbórea en las laderas de montañas, colinas y tierras agrarias abandonadas. A través de la ejecución del proyecto de reducción de la erosión se lograría disminuir la tasa de erosión del suelo y se mitigarían también los impactos ambientales y sociales causados por ella. Estudiando las preferencias (en particular la disposición a pagar) de los encuestados para la reducción de los impactos externos de la erosión es posible obtener una evaluación económica de dichos impactos.

El ejercicio de valoración monetario de los efectos externos de la erosión se ha concretado presentando a cada encuestado cuatro tarjetas de elección. Cada tarjeta tenía tres alternativas: una constante (*status quo*), de referencia y dos que variaban según lo previsto en el diseño experimental. La alternativa constante representaba las condiciones medioambientales (referidas a los efectos externos de la erosión del suelo) esperadas en la cuenca en estudio, dentro de 50 años, si no se hubiera actuado contra el proceso de erosión del suelo. Las otras dos alternativas describían las condiciones esperadas si se hubiera implementado el proyecto de reducción de la erosión del suelo. A los encuestados se les pedía que eligieran la alternativa preferida en cada tarjeta de elección.

El primer paso para el diseño de las tarjetas de elección ha sido la definición de los impactos ambientales y sociales de la erosión del suelo en la cuenca del Alto Genil, que representarían los atributos del experimento de elección. Para ello, primeramente se ha realizado una extensa revisión bibliográfica cuyo objetivo era la identificación de la globalidad de los efectos externos de la erosión del suelo.

Posteriormente, para averiguar cómo los ciudadanos perciben la erosión del suelo y sus efectos, se redactaron dos cuestionarios. En uno se quiso averiguar los conocimientos previos de los ciudadanos con respecto al proceso de erosión del suelo y sus efectos; en el otro, posterior, se comprobó el efecto que el aporte de información básica sobre la erosión del suelo y sus efectos tenía en la comprensión y en la tasa de respuesta de los encuestados. Asimismo, mediante estas dos encuestas se ha podido seleccionar, entre los efectos externos de la erosión del suelo identificados, una primera lista de los más importantes para la población de la cuenca en estudio.

El paso siguiente hacia el diseño de la encuesta final ha sido la realización de una encuesta pre-test de VC (Valoración Contingente). La encuesta fue diseñada con la finalidad de matizar más los parámetros básicos del estudio, de contrastar el cuestionario antes de darlo por definitivo y para la determinación del valor medio y del intervalo (niveles) del atributo monetario ⁶.

La determinación de los niveles de los atributos no monetarios se ha llevado a cabo a través de la revisión de estudios empíricos relacionados con los atributos, de reuniones informales con expertos y con el auxilio del sistema de información geográfica Arc View. En el cuadro 1 se resumen los atributos y niveles utilizados en la definición de las alternativas A y B de las tarjetas de elección. Para los atributos cualitativos, entre paréntesis se indica la codificación empleada en los análisis.

CUADRO 1

Atributos y niveles utilizados en las tarjetas de elección

Atributos	Niveles		
Cambio en el paisaje: avance de la desertificación	Deterioro (DES0) Pequeña mejora (DES1) Mejora (DES2)		
Calidad de las aguas superficiales y subterráneas	Baja (AGUA0) Media (AGUA1) Alta (AGUA2)		
Calidad de la flora y de la fauna	Pobre (BIOTA0) Media (BIOTA1) Buena (BIOTA2)		
Aumento de la productividad: puestos de trabajo creados	0	100	200
Superficie de implementación del proyecto (KM ²)	330	660	990
Tasa extraordinaria a pagar (euros) ⁷	6.01; 24.04;	12.02; 30.05;	18.03 36.06

⁶ Para una descripción más detallada del diseño del experimento véase Colombo y Calatrava (2002).

⁷ El pago de la tasa extraordinaria era anual y durante un periodo de cinco años.

La alternativa de referencia, que describe la evolución esperada de las condiciones medioambientales en el entorno de estudio si no se toma ninguna medida para la reducción de la erosión del suelo, está caracterizada por los siguientes valores (cuadro 2).

CUADRO 2

Atributos y niveles utilizados en la descripción de la alternativa de referencia

Atributos	Niveles
Cambio en el paisaje: avance de la desertificación	Deterioro
Calidad de las aguas superficiales y subterráneas	Baja
Calidad de la flora y de la fauna	Pobre
Aumento de la productividad: puestos de trabajo creados	0
Superficie de implementación del proyecto (KM ²)	0
Tasa extraordinaria a pagar (euros)	0

El conjunto de atributos y niveles que se acaba de describir, forma un diseño factorial completo de $(3^5 * 6) = 1.458$ combinaciones. En el caso específico de este trabajo, donde se emplean tarjetas genéricas de elección con una alternativa constante y dos alternativas que varían, se originarían 1.062.153 diferentes tarjetas. A través de las técnicas estadísticas del diseño experimental se ha reducido el conjunto de combinaciones hasta un número que fuera posible presentar a los encuestados. Ello se ha hecho mediante un diseño ortogonal factorial fraccionado que permite sólo la estimación de los efectos principales y de las interacciones de segundo orden de los atributos, obteniendo 108 alternativas para crear las tarjetas de elección que a su vez han sido divididas en 27 grupos de 4 para ser respondidas por cada encuestado. En el cuadro 3 se ilustra, a modo de ejemplo, una de las tarjetas de elección empleadas en la encuesta.

CUADRO 3

Ejemplo de tarjeta de elección empleada en la encuesta

	Situación A	Situación B	Situación sin proyecto
Cambio en el paisaje: Desertificación	Pequeña Mejora	Mejora	Ni la situación A
Calidad aguas superficiales y subterráneas	Alta	Media	Ni la situación B
Calidad de la flora y de la fauna	Media	Buena	Me compensan el
Empleos generados	100	200	pago de la tasa.
Superficie erosionada que será tratada	Dos tercios	Toda	Elijo la situación
Tasa a pagar durante 5 años	18 €	30 €	Sin proyecto
Elijo la situación A <input type="checkbox"/> Elijo la situación B <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			

La descripción de los niveles de la alternativa sin proyecto no ha sido incluida en la tarjeta de elección para simplificar la tarea de elección de los encuestados. De to-

das formas, el encuestador, durante el proceso de elección de la alternativa preferida por el encuestado, mostraba una tarjeta de ayuda en la cual se ilustraban los valores de la alternativa de referencia y, además, recordaba el significado del valor de los niveles presentes en las tarjetas. Las encuestas se realizaron según un muestreo estratificado en función del carácter urbano-rural del municipio de residencia de los encuestados. Siguiendo una afijación de los estratos proporcional, se realizaron el 76% de las encuestas en ámbito urbano y el 24% en ámbito rural. Un número total de 345 encuestas fueron realizadas en los meses de marzo, abril, mayo y junio de 2002.

4. Resultados

Del total de las encuestas realizadas 19 no fueron adecuadamente cumplimentadas y fueron excluidas del análisis; en 74, los entrevistados expresaron una respuesta protesta no respondiendo a las tarjetas de elección; las restantes 252 encuestas fueron respondidas en las cuatro tarjetas presentadas, obteniendo así un total de 1.008 observaciones válidas para la estimación del modelo de preferencia. De los 252 entrevistados, 51 manifestaron una respuesta que se puede considerar como «cero real», ya que siempre eligieron la situación de referencia debido a que, a pesar de estar de acuerdo con la implementación del proyecto, no tenían recursos económicos para ello.

De las encuestas llevadas a cabo ha resultado que la contaminación ambiental, el avance de la desertificación y la reducción de la flora y fauna han sido los tres efectos más importantes para los encuestados. La mayoría de los entrevistados ha expresado que la erosión del suelo es un proceso que perjudica a todos los ciudadanos, y por eso todos tendrían que contribuir a su reducción. Además, casi la totalidad de la muestra reconoce que el proyecto de reducción de la erosión del suelo y sus efectos es imprescindible o importante. Los ciudadanos que aceptan contribuir al proyecto de reducción de la erosión del suelo prefieren que el organismo de gestión del mismo sea la Junta de Andalucía o los ayuntamientos de las áreas directamente interesadas por el proyecto.

La estructura de preferencias de los principales efectos de la erosión se puede observar en el correspondiente modelo logit condicional (cuadro 4), donde la variable dependiente es una variable trinomial que toma el valor 1 en el nivel correspondiente a la alternativa elegida y 0 en los otros dos.

El ajuste del modelo es muy significativo ($RV = 407.4$; $\alpha \geq 0.001$). Todos los atributos tienen el signo esperado según la teoría económica y son a su vez altamente significativos ($\alpha \geq 0.001$). El modelo presenta un buen ajuste a los datos si se compara el valor del logaritmo de verosimilitud a convergencia y de proporciones ($\rho^2 = .19$)⁸.

Observando los coeficientes se puede ver que a medida que se presentan mejores situaciones ambientales y sociales más elevada es la utilidad asociada. Los coeficientes de los tres atributos cualitativos deben ser analizados considerando que se refieren

⁸ Simulaciones hechas por Domencich y McFadden (1975) demostraron que valores comprendidos en un intervalo de $\rho^2 = .20 - .40$ equivalen a un R^2 de 0.7-0.9 en el caso de la regresión mínimo cuadrática.

CUADRO 4
Modelo logístico condicional de elección

Atributos	Coefficientes	Error Estándar	t	Sign.(α)
Constante (k)	-4.726	0.400	-11.803	0.000
Desertificación: pequeña mejora (DES1)	0.983	0.147	6.704	0.000
Desertificación: mejora (DES2)	1.476	0.147	10.016	0.000
Calidad aguas: media (AGUA1)	1.030	0.160	6.436	0.000
Calidad aguas: alta (AGUA2)	1.475	0.154	9.607	0.000
Densidad biota: media (BIOTA1)	0.745	0.150	4.966	0.000
Densidad biota: buena (BIOTA2)	0.982	0.146	6.727	0.000
Puestos de trabajo	0.007	0.001	9.205	0.000
Superficie implementación proyecto	0.001	0.000	3.472	0.001
Tasa	-0.053	0.007	-7.799	0.000
k*solidaridad ^a	0.031	0.007	4.788	0.000
k*sexo ^b	0.099	0.031	3.175	0.002
k*edad2 ^c	0.024	0.039	0.627	0.531
k*edad3 ^c	0.002	0.043	0.045	0.964
k*edad4 ^c	-0.264	0.049	-5.407	0.000
k*rentapca ^d	0.0004	0.00006	6.567	0.000
N	1.008			
Log verosimilitud (constante)	-1.049.50			
Log verosimilitud (convergencia)	-845.80			
Cociente de verosimilitud (RV)	407.4			
ρ^2	.19			

^a Importancia asignada al hecho de ser solidario en una escala tipo likert entre 1 y 10.

^b Sexo (Mujer: 0; Varón: 1).

^c Edad (edad1: Menos de 35; edad2: entre 35-50; edad3: entre 51-65; edad4: mayor de 65).

^d Renta per cápita.

a la situación de referencia, que para todos es la situación *status quo*. Así, se puede ver que a los entrevistados el hecho de tener dentro de 50 años una pequeña mejora del paisaje en lugar de un deterioro por desertificación y una mejor calidad de las aguas y de la flora y fauna les proporciona un aumento de utilidad. Utilizando como nivel de referencia el nivel intermedio se pone de manifiesto que las diferencias entre el nivel medio y elevado siguen siendo muy significativas. En el caso de los atributos «cambio del paisaje: desertificación» y «calidad de las aguas superficiales y subterráneas» se mantiene el nivel de confianza del 99%, mientras que para el atributo «calidad de la flora y la fauna» se puede decir que los niveles medio y bueno difieren a un nivel de confianza del 90% ($\alpha \geq 0.08$).

Los coeficientes de regresión de los atributos cuantitativos se interpretan como la utilidad marginal que proporcionaría una unidad más del atributo considerado. La significación del coeficiente del atributo «empleo generado» muestra que los entrevistados atribuyen mucha importancia al efecto que la reducción de la erosión del suelo puede tener en el empleo. Este resultado era esperado considerando la cantidad de trabajadores temporales dedicados a la recolección de aceitunas presente en la cuenca en estudio. Es muy interesante ver cómo el atributo relativo a la

extensión geográfica de implementación del proyecto ha resultado ser muy significativo en la elección de las alternativas. Los entrevistados han valorado positivamente que se implemente el proyecto en una superficie más extensa. Por último, el signo negativo del coeficiente del atributo tasa demuestra cómo, lógicamente, a mayor coste para el entrevistado menores son las probabilidades de elección de una determinada alternativa. Es decir, la utilidad marginal de una alternativa disminuye a mayores tasas.

La interpretación de los coeficientes de las interacciones entre la constante y las variables socioeconómicas permite ver que los encuestados que se han definido más solidarios tienen más probabilidad de elegir las alternativas de ejecución del proyecto. Los hombres son más propensos que las mujeres a elegir las alternativas de ejecución del proyecto en lugar de la de referencia.

Analizando todas las interacciones de la edad con la constante, es decir, modificando el nivel de referencia, se observa que las personas con edad inferior a 65 años tienen más probabilidad de elegir las alternativas A y B respecto a las que tienen más de 65 años. Una posible explicación podría ser que las personas más jóvenes han tenido menos dificultad en responder a las tarjetas, mientras que las más ancianas han empleado heurística para simplificar la tarea de elección; así, frente a elecciones complicadas, es decir, aquellas donde variaban los niveles en todos los atributos, han optado por la situación de referencia. Otra explicación podría ser la existencia de restricciones presupuestarias.

La interacción con la renta muestra que a mayor renta hay una mayor probabilidad de elegir la alternativa de implementación del proyecto. Este resultado se refleja en el hecho de que los entrevistados con un nivel de renta bajo, cuando se enfrentaban a tarjetas cuyos valores del atributo monetario estaban por encima de sus restricciones presupuestarias, no tenían otra opción que elegir la alternativa de referencia.

A partir de los coeficientes de regresión del modelo se han calculados los precios implícitos para los atributos considerados en el estudio (cuadro 5). En la columna tres se indican los intervalos de confianza calculados siguiendo el procedimiento de Krisky y Robb (1986).

CUADRO 5

Precios implícitos e intervalos de confianza de los atributos considerados

Atributos	Precios implícitos (€)	95% Int. Conf. (€)
Desertificación del paisaje: de DES0 a DES1	18.58	12.28 - 27.33
Desertificación del paisaje: de DES0 a DES2	27.91	20.98 - 37.89
Calidad aguas: de AGUA0 a AGUA1	19.48	12.86 - 28.14
Calidad aguas: de AGUA0 a AGUA2	27.89	20.65 - 37.54
Calidad de la flora y fauna: de BIOTA0 a BIOTA1	14.08	8.44 - 21.23
Calidad de la flora y fauna: de BIOTA0 a BIOTA2	18.57	13.13 - 25.44
Puestos de trabajo	0.127	0.094 - 0.176
Superficie de implementación del proyecto	0.014	0.006 - 0.023

Los precios implícitos para todos los atributos son positivos según era de esperar a la vista de los signos del modelo de utilidad, e indican que los entrevistados tienen mayor DAP frente a un aumento de la calidad o cantidad de los atributos. Los precios implícitos pueden ser directamente comparados entre sí para ver la importancia relativa de cada atributo. Así, en el caso de los atributos medioambientales, el cambio de un deterioro a una mejora del paisaje por reducción de la desertificación es el más valorado por los encuestados, que están dispuestos a pagar una media de 27.91 €, seguido por el cambio de una calidad de las aguas superficiales y subterráneas de baja a alta (27.89 €).

Para todas las alternativas que se pueden describir con las combinaciones de atributos y niveles empleados en las tarjetas de elección es posible obtener la variación de bienestar que los entrevistados experimentan con el cambio de la situación de referencia a cualquiera de ellas a través de la fórmula (9). En este trabajo, a título de ejemplo se han considerado los siguientes escenarios:

Escenario 1: El cambio del paisaje por desertificación experimentaría una pequeña mejora; la calidad de las aguas superficiales y subterráneas sería media; la condición de la flora y de la fauna sería media; se crearían 100 nuevos puestos de trabajo y el proyecto se implementaría en una superficie de 330 kilómetros cuadrados.

Escenario 2: El cambio del paisaje por desertificación experimentaría una mejora; la calidad de las aguas superficiales y subterráneas sería media; la condición de la flora y de la fauna sería media; se crearían 200 nuevos puestos de trabajo y el proyecto se implementaría en una superficie de 660 kilómetros cuadrados.

Escenario 3: El cambio del paisaje por desertificación experimentaría una mejora; la calidad de las aguas superficiales y subterráneas sería alta; la condición de la flora y de la fauna sería alta; se crearían 200 nuevos puestos de trabajo y el proyecto se implementaría en una superficie de 990 kilómetros cuadrados.

Las estimaciones del excedente compensatorio para los tres escenarios descritos⁹ se presentan en el cuadro 6.

CUADRO 6

Excedente compensatorio para tres posibles escenarios

Escenarios	Excedente Compensatorio (€)	Intervalos de confianza (95%)
Escenario 1	-10.35	-2.91 - 16.16
Escenario 2	-36.96	-30.21 - 45.70
Escenario 3	-54.45	-46.49 - 65.47

Como era de esperar, el excedente compensatorio aumenta de dimensión a medida que los escenarios describen mejores condiciones sociales y ambientales en la cuenca. El signo negativo del excedente compensatorio es consistente teóricamente, pues indica la cantidad de dinero que debe restarse a la media de la renta de los entrevistados para que queden con la misma utilidad que tienen en el *status quo*.

⁹ Las variables socioeconómicas han sido introducidas en el modelo con sus valores medios.

Recordemos que el escenario 2 con respecto al escenario 1 presenta un nivel más de mejora en el paisaje por desertificación, 100 puestos de trabajos más y una mayor extensión (330 kilómetros cuadrados) de implementación del proyecto. Estos cambios producen un aumento de la DAP. El escenario 3 representa la máxima DAP que se puede calcular con el modelo estimado ya que está caracterizado por el valor máximo de todos los niveles de los atributos empleados en el análisis.

Agregando los valores de DAP individuales a la población¹⁰, y considerando la reducción de la erosión en todas las áreas comprendidas en el estudio (99.000 ha), se obtiene que la DAP social por la reducción de los efectos externos de la erosión del suelo está comprendida entre los 5.6 y los 15.7 millones de € / año durante un periodo de 5 años, es decir $57 - 159 \text{ € ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, en función de las condiciones ambientales y sociales esperadas en la cuenca.

Si se comparan las valoraciones por hectárea con la prima actualmente pagada a los agricultores que adoptan métodos de producción agraria compatibles con la exigencia de la protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural en olivar ($132.22 \text{ € ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ durante un periodo de 5 años) se observa que la prima está comprendida en el intervalo de valoración obtenido. No se ha podido conocer el criterio empleado por la Junta de Andalucía en la determinación del importe de la prima¹¹ y por ello no es posible comparar las estimaciones obtenidas directamente con el valor de la prima. Sólo es posible decir que la administración está actualmente pagando una prima superior al valor asignado por la sociedad para unas condiciones ambientales y sociales «intermedias», por ejemplo parecidas a las que se han descrito en el escenario 1 en este trabajo, e inferior a una calidad ambiental «buena», del tipo descrito en el escenario 3. Así, si el objetivo de la administración fuese conseguir, dentro de 50 años, unas condiciones ambientales parecidas a las descritas en la mejor de las previsiones empleadas en el estudio ($159 \text{ € ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ durante un periodo de 5 años), se podría decir que el importe de la prima no incorpora la totalidad de la DAP social para la reducción de los efectos externos de la erosión.

5. Conclusiones

La mayoría de los trabajos socioeconómicos sobre efectos de la erosión del suelo consideran y analizan el efecto en la productividad agrícola, siendo escasos los que se ocupan de los efectos externos a la explotación agraria, o sea, el conjunto de externalidades ambientales negativas que la erosión produce fuera de la agricultura, y que impactan al conjunto de la sociedad.

En España, a pesar de la importancia y la gravedad del problema de la erosión y de sus efectos sobre el sistema socioeconómico, hay pocos trabajos que traten el tema de la erosión desde el punto de vista económico, y sólo hay un par de trabajos que se ocupan de los efectos externos.

¹⁰ En la agregación se han incorporado las respuestas protestas como ceros reales.

¹¹ Se supone que el importe de la prima permite cubrir todos los gastos de adopción de las medidas de conservación y además proporcionar un margen de beneficios para incentivar la adopción.

La evaluación de los efectos de la erosión es un tema cuyo interés radica en la utilización de los valores obtenidos tanto para ser introducidos como beneficios/costes sociales en Análisis Coste-Beneficio de proyectos relacionados con la erosión, corrección de cuencas hidrográficas, etc., como para la definición de políticas que impliquen subsidiación a los agricultores.

Al tratarse de impactos sociales, una forma lógica de evaluar los efectos externos de la erosión es a través de la estimación, en términos monetarios, de los cambios en el bienestar motivados por modificaciones en la calidad ambiental, como consecuencia de la ejecución de proyectos de reducción de la erosión.

El método del EE que entra dentro de este enfoque metodológico, se ha manifestado como un instrumento idóneo para estimar el coste social de los efectos externos de la erosión. Este método ha mostrado, en su aplicación, ventajas en el sentido de gran flexibilidad de uso y versatilidad de la información producida, que se concreta no solamente en una valoración final del efecto global como proporcionan otros métodos, (Valoración Contingente, por ejemplo) sino en una valoración individualizada de los efectos.

Por el contrario, el método del EE requiere un gran esfuerzo cognitivo a los entrevistados para responder a las tarjetas de elección. Por ello, sólo es posible presentar un número limitado de atributos a los entrevistados, siendo necesaria una gran simplificación del bien en estudio.

La aplicación del método del EE a la cuenca del Alto Genil ha puesto de manifiesto que existe una demanda social en la zona para la reducción de los impactos de la erosión. Los efectos externos más importantes percibidos por los ciudadanos son el avance de la desertificación, el arrastre de residuos con la consecuente contaminación ambiental y la reducción de la densidad de la flora y fauna silvestre.

Dicha aplicación ha estimado los precios implícitos de corregir cada uno de los efectos externos de la erosión, y del cambio de bienestar experimentado por la población de la cuenca, como consecuencia de dicha corrección de efectos. Las valoraciones obtenidas proporcionan información útil a la administración pública para la asignación de prioridades de gestión de acciones con vista a la reducción de los efectos de la erosión y dan el equivalente monetario del beneficio social en la cuenca para un abanico de alternativas de reducción de los efectos externos de la erosión del suelo. Dichas valoraciones pueden ser útiles en futuros análisis coste beneficio de alternativas de proyectos para la reducción de la erosión del suelo.

Comparando las estimaciones obtenidas con la prima que la administración reconoce a los agricultores que adoptan medidas de conservación del suelo, se observa que el importe de la prima ($132.22 \text{ € ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) está comprendido dentro del intervalo de valoración obtenido ($57\text{-}159 \text{ € ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Así, la administración está actualmente pagando una prima superior al valor asignado por la sociedad para unas condiciones ambientales y sociales «intermedias», por ejemplo parecidas a las que se han descrito en el escenario 1 de este trabajo, e inferior a lo que la sociedad estaría dispuesta a pagar por una calidad ambiental «buena», del tipo descrito en el escenario 3.

A pesar de que el importe de la prima es superior a lo que la sociedad está dispuesta a pagar para tener una condiciones ambientales y sociales de calidad «interme-

dia» las bajas tasas de adopción de medidas de conservación del suelo observadas en la actualidad no hacen pronosticar, dentro de 50 años, unas condiciones ambientales y sociales como las descritas en el escenario 1. Por ello, las razones que frenan la adopción de las prácticas de conservación del suelo no son sólo de índole financiera¹², sino también sociales, culturales y institucionales.

En futuras investigaciones se podrían analizar los factores que determinan la adopción de medidas de conservación del suelo, siendo ésta un área de investigación paralela y complementaria a cuanto se ha tratado en este trabajo. También, la repetición del estudio en otras cuencas con características diferentes de la cuenca del Alto Genil es otro posible desarrollo del trabajo, para proporcionar información útil respecto al cálculo de funciones de transferencia de los resultados obtenidos.

Bibliografía

- Alfsen, K.H.; De-Franco, M.A.; Glomsrod, S. y Johnsen, T. (1996). «The cost of soil erosion in Nicaragua». *Ecological Economics*, **16**:129-145.
- Almansa, M.C. y Calatrava, J. (2001). «Aplicación del método de Valoración Contingente a la valoración económica de las externalidades generadas en los proyectos de restauración hidrológica forestal». *III Congreso Forestal Español*, Granada, 25-28 septiembre.
- Álvarez, A.; Herruzo, A.C., y Zekri, S. (1994). «Intertemporal profit from soil conservation practices in mediterranean dry farming». *XXII International Conference of Agricultural Economist*, Harare, August.
- Ben-Akiva, M. y Lerman, S.R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press. Cambridge.
- Bunn, J.A. (1997). «The implications of alternative beliefs about soil-erosion-productivity relationships and conservation treatments for the economic dynamics of soil erosion on the southern Texas High Plains». *Journal of Soil and Water Conservation*, **52**(5):368-375.
- Carcamo, J.A.; Alwang, J., y Norton, G.W. (1994). «On-site economic evaluation of soil conservation practices in Honduras». *Agricultural Economics*, **11**:257-269.
- Clark, E.H.; Haverkamp, J.A. y Chapman, W. (1985). *Eroding Soils: The off-farm Impacts*. Washington, D.C: The Conservation Foundation.
- Colombo, S. y Calatrava J. (2002). «Towards the economic evaluation of the intangible effects of soil erosion». *Xth Congress of European Association of Agricultural Economists (EAAE)*, Zaragoza, Spain.
- Colombo, S.; Calatrava J. y Hanley N. (2003). «The economic benefits of soil erosion control: an application of the contingent valuation method in the Alto Genil basin of southern Spain». *Journal of Soil and Water Conservation* (58):367-371.
- Colombo, S. (2004): *Valoración y análisis económico de impactos ambientales en procesos erosivos: aplicación de los métodos de valoración contingente y experimento de elección en la cuenca del Alto Genil*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Chung, S.W.; Gassman, P.W.; Kramer, L.A.; Williams, J.R., y Gu, R. (1999). «Validation of EPIC for Two Watersheds in Southwest Iowa». *Journal of Environmental Quality*, **28**:971-979.

¹² Los costes de implementación y mantenimiento de una cubierta vegetal son muy parecidos a los costes del sistema de cultivo tradicional.

- Domencich, T. y McFadden, D. (1975): «Urban travel demand: a behavioural approach». Amsterdam: North-Holland.
- Earle, T.R.; Rose, C. W. y Brownlea, A.A. (1979). «Socio-economic Predictors of Intention towards Soil Conservation and their Implication in Environmental Management». *Journal of Environmental Management*, **9**:225-236.
- Feather, P. y Hellerstein, D. (1997). «Benefit Function Transfer to Assess the Conservation Reserve Program». *American Journal of Agricultural Economics*, **79**(1):151-162.
- Goetz, R.U. (1997). «Diversification in Agricultural Production: A dynamic Model of Optimal Cropping to Manage Soil Erosion». *American Journal of Agricultural Economics*, **79**:341-356.
- Gunatilake, H.M., y Vieth, G.R. (2000). «Estimation of On-site Cost of Soil Erosion: A Comparison of Replacement and Productivity Change Methods». *Journal of Soil and Water Conservation*, **55**(2):197-204.
- Hanemann, W.M. (1984). «Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiment with Discrete Responses». *American Journal of Agricultural Economics*, **66**(3):332-341.
- Hansen, L.; Breneman, V.; Davison, C. y Dichen, C. (2002). «The Cost of Soil Erosion to Downstream Navigation». *Journal of Soil and Water Conservation*, **57**(4):205-212.
- Hansen, L.; Feather, P. y Shank, D. (1999). «Valuation of Agriculture's Multi-Site Environmental Impact». *Journal of Agricultural and Resource Economics*, **28**(2):199-207.
- Hellerstein, D. (1998). «An Analysis of Wildlife Recreation Using the FHWAR». En, *Wester Regional Research Publication: W133 Benefits and Costs of Resource Policies Affecting Public and Private Lands*, Ed. Paul M. Jakus. June.
- Krinsky, I. y Robb, A., (1986). «On approximating the statistical properties of elasticities». *Review of Economics and Statistics*, **68**:715-719.
- Lancaster, K. (1991): *Modern Consumer Theory*. Edward Elgar, Brookfield.
- Lee, J.J.; Phillips, D.L. y Benson, V.W. (1999). «Soil Erosion and Climate Change Assessing Potential Impacts and Adaptation Practices». *Journal of Soil and Water Conservation*, **54**(3):529-536.
- Louviere, J.J. (1988). *Analysing Decision Making: Metric Conjoint Analysis, No 67, Quantitative Applications in the Social Science Series*. Sage Publications, Newburg Park, California.
- Lucila, M.; Lapar, A., y Pandey, S. (1999). «Adoption of soil conservation: the case of the Philippine uplands». *Agricultural Economics*, **21**:241-256.
- Mansky, C. (1977). «The Structure of Random Utility Models». *Theory and Decision*, **8**:229-254.
- McFadden, D. (1973). «Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour». En, P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in econometrics*, New York: Academic Press, pp. 105-142.
- Ministerio Medio Ambiente (2002). *Plan forestal Español*. Julio, 2002. Disponible en la página Web del Ministerio de Medio Ambiente.
- Palmquist, R.B., y Danielson, L.E. (1989). «A Hedonic Study of the Effects of Erosion Control and Drainage on Farmland Values». *American Journal Agricultural Economics*, **71**(1):55-62.
- Pattanayak, S., y Mercer, D.E. (1998). «Valuing soil conservation benefits of agroforestry: contour hedgerows in the Eastern Visayas, Philippines». *Agricultural Economics*, **18**:31-46.
- Pimentel, D.; Harvey, C.R.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist, S.; Shpritz, L.; Fitton, L.; Saffouri, R. y Blair, R. (1995). «Environmental and Economics Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits». *Science*, **267**:1117-1123.

- Poudel, D.D.; Midmore, D.J., y West, L.T. (1999). «Erosion and Productivity of Vegetable System on Sloping Volcanic Ash-Derived Philippine Soils». *Soil Science Society American Journal*, **63**:1366-1376.
- Shiferaw, B. y Holden, S. T. (1998). «Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian Highlands: A case study in Andit Tid, North Shewa». *Agricultural Economics*, **18**:233-247.
- Shively, G.E. (1997). «Consumption risk, farm characteristics and soil conservation adoption among low-income farmers in the Philippines». *Agricultural Economics*, **17**:165-177.
- Shukla, A.; Dubey, B., y Shukla, J. B. (1996). «Effect of environmentally degraded soil on crop yield: the role of conservation». *Ecological Modelling*, **86**:235-239.
- Walters, B.B.; Cadelina, A.; Cardano, A., y Visitacion, E. (1999). «Community history and rural development: why some farmers participate more readily than others». *Agricultural Systems*, **59**: 193-214.