

Valoración del agua de riego agrícola en el valle de Zamora, Michoacán, México*

Assessment of agricultural irrigation water in Zamora Valley, Michoacán, México

Netzahualcoyotl Flores Lázaro^{1§}, Américo Saldivar Valdez², Víctor Manuel Hernández Madrigal³ y Oscar Pérez Veyna⁴

¹Universidad Autónoma de Querétaro-Posgrado en Valuación de Bienes-Facultad de Ingeniería. Av. Hidalgo s/n, Col. Las Campanas, Querétaro, México. CP. 76016. Tel. (442) 1921200, ext. 6023. (netzafl@gmail.com). ²Universidad Nacional Autónoma de México-División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía. Cd. Universitaria, Ciudad de México, México. CP. 04530. Tel. (55) 56222100, ext. 48983. (americo@unam.mx). ³Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT)-Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Avenida Francisco J. Múgica, S/N. Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México. CP. 58030. Tel. (443) 3223500, ext. 4011. (vitorio_manuel@yahoo.it). ⁴Programa de Doctorado en Estudios del Desarrollo-Edificio de la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo. Av. preparatoria, s/n. Col. Hidráulica, Zacatecas, Zacatecas. CP. 98064. Tel: (492) 9256690, ext. 3515(pveyna@gmail.com.). [§]Autor para correspondencia: netzafl@gmail.com

Resumen

La falta de agua constituye uno de los principales problemas de la humanidad, por lo que se requiere gestionar el recurso con esquemas de valores de existencia y legado; es decir, con valor de no uso. La eficiencia en el uso del agua es una condición necesaria pero no suficiente para la garantizar la sustentabilidad del recurso. La valoración del agua para uso agrícola debe fortalecer el soporte a las decisiones sobre los retos y las preguntas asociadas a la imperiosa necesidad de garantizar el recurso para las generaciones actuales y futuras (sustentabilidad). El presente trabajo se llevó a cabo en la subcuenca del Río Duero, Michoacán. Con el objetivo de valorar el agua de riego como insumo en la producción de fresa. Los resultados al aplicar el método de cambio de productividad, muestran una renta de \$106 215.30 ha⁻¹, superior a la obtenida en los cultivos de maíz y trigo, y un valor de agua de: \$3.67 m⁻³. La importancia del recurso hídrico, como derecho humano no significa regalarla, pero debe establecerse un nivel mínimo de provisión innegable por encima del cual los usuarios deben hacer un uso responsable y generar cultura por el pago del servicio ecosistémico y no solo de su administración. La responsabilidad social debe ser en cualquier actividad económica; a través de ella, se

Abstract

The lack of water constitutes one of the main problems of humanity, so it is necessary to manage this resource with values of existence and legacy schemes; that is, with non-use value. Efficiency in water use is a necessary but not sufficient condition to ensure this resource sustainability. The assessment of water for agricultural use should undoubtedly contribute to strengthening decisions support on the challenges and questions associated with the imperative need to ensure the resource for present and future generations (sustainability). This research was carried out in the sub basin of the Duero River, Michoacán. With the objective of assessing irrigation water as an input in strawberry production. Results when applying the method of productivity changing showed income of \$106 215.30 per hectare higher than that obtained in maize and wheat crops, and a monetary value of water: \$3.67 m⁻³. The importance of water resource as a human right does not mean giving it away, but a minimum level of undeniable provision must be established above which users must make responsible use and generate culture for the payment of the ecosystem service and not only for their administration. Social responsibility must be the

* Recibido: enero de 2017
Aceptado: marzo de 2017

debe contribuir a la conservación y mantenimiento de los ecosistemas naturales que proveen los bienes y servicios ecosistémicos como el agua.

Palabras clave: agua de riego, cambio de productividad, servicios ecosistémicos, valoración.

Introducción

La falta de agua constituye hoy en día uno de los principales factores para el surgimiento de conflictos, pobreza y migración en algunas regiones del mundo (FAO, 2003). Esto a su vez responde a una causa ambiental y social que muchos países, en particular los subdesarrollados, no han considerado dentro de sus planes de crecimiento, el proteger y mantener los ecosistemas que proveen de los servicios hidrológicos, con excepción de Costa Rica, pero su apertura a la inversión extranjera, ha producido un costo en términos ambientales. (Alier *et al.*, 1998). Los ecosistemas en general, el agua dulce y sus cuencas naturales superan los límites, las fronteras políticas y administrativas. Cuando se analiza la gestión del agua y la planeación del territorio, el marco de estudio no puede ser únicamente jurídico, económico o incluso ecológico; debe ser sostenible, altamente político y estratégico, ya que las interacciones de los servicios se da a diferentes escalas espaciales y temporales (MEA).

Los servicios ecosistémicos han tenido una evolución conceptual constante desde la evaluación de ecosistemas del milenio (MEA, 2005) y se definen como los beneficios directos o indirectos que la gente obtiene de los ecosistemas tales como: provisión de agua y alimentos, regulación y control de inundaciones, control de la degradación de suelos y de enfermedades, servicios de soporte, formación de suelo, ciclo de nutrientes y servicios culturales o beneficios no materiales. En México, Balvanera *et al.* (2009), realizaron un estudio exhaustivo sobre el estado y tendencia de los servicios ecosistémicos en nuestro país. Sin menoscabo del resto del capital natural, uno de los servicios ecosistémicos de mayor relevancia es el hidrológico, ya que se considera base para el resto de los servicios del sistema.

La importancia de los servicios ecosistémicos hidrológicos es revelada por los beneficios en la modificación de cada uno de sus atributos. Los usos de agua para consumo humano, agrícola e industrial, se caracterizan por estar regulados por mercados donde el precio del agua sólo representa los costos

constant in any economic activity; and it must contribute to the conservation and maintenance of natural ecosystems that provide ecosystem goods and services such as water.

Keywords: assessment, ecosystem services, irrigation water, productivity change.

Introduction

Lack of water is nowadays one of the main factors for the emergence of conflicts, poverty and migration in some regions of the world (FAO, 2003). This in turn responds to an environmental and social cause that many countries, particularly the underdeveloped, have not considered within their growth plans, to protect and maintain the ecosystems that provide hydrological services, except Costa Rica, but its openness to foreign investment, has brought costs in environmental terms. (Alier *et al.*, 1998). Ecosystems in general, fresh water and its natural watersheds exceed limits, political and administrative boundaries. When analyzing water management and land planning, the study framework can not be only legal, economic or even ecological; it must be sustainable, highly political and strategic, since the interactions of ecosystem services occur at different spatial and temporal scales (MEA).

Ecosystem services have had a constant conceptual evolution since the Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) and are defined as the direct or indirect benefits that people get from ecosystems such as: water and food provision, regulation and control of floods, control of soil degradation and diseases, support services, soil formation, nutrient cycling and cultural services or non-material benefits. In México, Balvanera *et al.* (2009) carried out a comprehensive research on the state and trend of ecosystem services in our country. Without detriment to the rest of the natural capital, one of the most important ecosystem services is the hydrological one, since it is considered the base for the rest of the system services.

The importance of hydrological ecosystem services is revealed by the benefits in modifying each of its attributes. The uses of water for human, agricultural and industrial consumption are regulated by markets where the price of water only represents the costs of the energy required for

de la energía requerida para su extracción, la amortización de la infraestructura hídrica, así como los costos de operación y distribución (Saldivar, 2007; Avilés *et al.*, 2009). El uso no sustentable ha tenido como consecuencia el agotamiento y la contaminación del agua, debido a que no considera el valor de largo plazo del recurso ni los valores de existencia y legado; es decir, el valor de no uso. La eficiencia en el uso del agua es una condición necesaria pero no suficiente para la sustentabilidad de la vida misma.

Los métodos y técnicas de valoración del agua para uso agrícola deben contribuir, sin duda, a fortalecer el soporte de las decisiones sobre los retos y preguntas asociadas a la sustentabilidad. Sin embargo, la valuación de los servicios ecosistémicos conlleva al menos dos dificultades: por un lado, la identificación y agregación de preferencias de distintos individuos (Daily *et al.*, 2000) y por el otro, la incertidumbre propia de la dinámica de los ecosistemas que resulta ser compleja y multicausal (Carpenter y Folke, 2006).

El presente estudio de valoración económica se limita únicamente al agua de riego empleada en el cultivo de fresa en la cuenca del Río Duero, Michoacán. Para tal fin se propuso el enfoque de valoración de cambio de productividad como instrumento para obtener el valor económico del agua. Es importante aclarar que si bien existen aspectos del valor del agua que no necesariamente son expresados en términos económicos, en este trabajo no fueron considerados dado que no se cuenta con información y estos serán propuestos para análisis futuros. La cuantificación del efecto del agua de riego sobre la productividad del cultivo de fresa, se efectuó para un ciclo agrícola primavera-verano 2008 con base en tres escenarios actuales: a) con agua de calidad; b) sin agua de calidad; y c) sin agua de riego (agricultura de temporal).

En el primero se analizó el cultivo de fresa (principal cultivo de exportación) de acuerdo con la productividad promedio en la zona. En el segundo se consideró el cultivo de granos básicos (maíz o sorgo en el ciclo primavera-verano y trigo en otoño-invierno, y de acuerdo con las normas fitosanitarias nacionales y de mercado internacional para el cultivo de hortalizas y frutillas. Mientras que en el último solamente se consideró el cultivo de maíz en condiciones de temporal.

Por lo anterior, el presente artículo se fundamenta en la aplicación de los conceptos de bienes y servicios ecosistémicos y de valoración económica. El primero se refiere a beneficios que obtienen las áreas productivas o los asentamientos humanos, a partir de las funciones ecológicas

its extraction, the amortization of the water infrastructure, as well as the operation and distribution costs (Saldivar, 2007; Avilés *et al.*, 2009). Unsustainable use has resulted in depletion and water pollution, because it does not consider the long-term value of the resource or the values of existence and legacy; that is, the non-use value. Efficiency in water use is a necessary but not sufficient condition for the sustainability of life itself.

Water assessment methods and techniques for agricultural use should undoubtedly contribute to strengthening decision support on the challenges and questions associated with sustainability. However, the valuation of ecosystem services involves at least two difficulties: firstly, identification and aggregation of preferences of different individuals (Daily *et al.*, 2000) and also, the uncertainty of ecosystem dynamics which turns out to be complex and multicausal (Carpenter and Folke, 2006).

This economic valuation research is limited only to the irrigation water used in strawberry cultivation in the Duero River basin, Michoacán. For this purpose, the productivity valuation approach was proposed as an instrument to obtain the economic value of water. It is important to clarify that although there are aspects of water value that are not necessarily expressed in economic terms, in this paper were not considered since there is no information and these will be proposed for future analysis. The quantification of the effect of irrigation water on strawberry crop productivity was carried out for a Spring-Summer 2008 crop cycle based on three current scenarios: a) with quality water; b) without quality water; and c) without irrigation water (rain-fed agriculture).

In the first one, strawberry cultivation (main export crop) was analyzed according to the average yield in the area. In the second, the cultivation of basic grains (maize or sorghum in the Spring-Summer cycle and wheat in Autumn-Winter), and in accordance with national phytosanitary standards and international market standards for the cultivation of vegetables and strawberries. While in the latter only the maize crop under rain-fed conditions was considered.

Due to the above, this paper is basically based on the application of the concepts of ecosystem goods and services and the economic valuation. The first refers to the benefits obtained by productive areas or human settlements, from the ecological functions of natural areas located in the sub-

de las áreas naturales ubicadas en la subcuenca. El segundo concepto permite verificar, cuantificar y aplicar alternativas de conservación con un enfoque de desarrollo social sustentable; es decir, es la asignación de valores cuantitativos a los bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por los ecosistemas naturales, independientemente si existen o no precios de mercado. El objetivo fue valorar el agua de riego como insumo en la producción de fresa y cuantificar el cambio en la productividad del cultivo con base en el efecto que genera la disponibilidad y calidad del agua en la zona.

Materiales y métodos

Área del Estudio

La cuenca del Río Duero se encuentra en el noroeste de Michoacán, en el área de transición de la Meseta Tarasca y el área de la Mesa Central, delimitada por las coordenadas geográficas 19° 40' 32" y 20° 20' 42" latitud norte, 101° 52' 54" y 102° 40' 30" longitud oeste, a una altitud media de 2 000 m.

El cultivo de la fresa en la cuenca exige elevadas láminas de agua, sobre todo en el sistema tradicional. Solamente el riego de 1 500 ha de fresa en el sistema tradicional, que representan 8% de la superficie irrigada en el valle Zamora-Jacona, requiere de 60 hm³ o 27.5% del total del agua asignada a todo el Distrito de Riego 061. Los requerimientos de agua para los cultivos motivo de estudio son: fresa 40 000 m³, maíz 6 599 m³, trigo 4 489 m³.

La producción de fresa en la Subcuenca del Río Duero, se desarrolla en cinco municipios, destacando Zamora, Jacona y Tangancicuaro, con una superficie total de: 1 869 ha, con una producción total de 60 491 ha, para un rendimiento promedio de 29.52 t ha⁻¹, el cultivo de la fresa demanda calidad de recurso por lo que, debe cumplir con las siguientes normas oficiales mexicanas: NOM-001-ECOL-1996, NOM-CCA-O33-ECOL/1993, NMX-FF-006. Las cuales regulan la presencia de contaminantes en agua de riego y productos alimenticios no industrializados para uso humano. En cuanto a la estructura de costos y sistemas de producción, en la región existen tres tipologías de producción del cultivo de fresa dependiendo del estrato socioeconómico de los agricultores, así como de acceso al financiamiento, en el Cuadro 1, se observa la estructura de costos para cada sistema de producción.

basin. The second concept is a tool to verify, quantify and apply conservation alternatives with a sustainable social development approach; that is, the allocation of quantitative values to the ecosystem goods and services provided by natural ecosystems, regardless of whether market prices exist or not. The objective was to assess irrigation water as an input in strawberry production and to quantify the change in crop yield based on the effect of water availability and quality in the area.

Materials and methods

Study Area

The Duero River basin is located in the northwest of Michoacán, in the transition zone of the Tarasca Plateau and the Mesa Central area, delimited by the geographic coordinates 19° 40' 32" and 20° 20' 42" north latitude, and 101° 52' 54" and 102° 40' 30" west longitude, at an average altitude of 2 000 m.

The strawberry cultivation in the basin requires high layers of water, especially in the traditional system. Just to irrigate 1 500 ha of strawberry in the traditional system, which represent 8% of the irrigated area in Zamora-Jacona Valley requires 60 hm³ or 27.5% of total water allocated to the entire Irrigation District 061. The water requirements for the studied crops are: strawberry 40 000 m³, maize 6 599 m³, wheat 4 489 m³.

Strawberry production in the Duero River Sub-basin is mainly carried out in five municipalities: Zamora, Jacona and Tangancicuaro, with a total area of: 1 869 ha, with a total production of 60 491 hectares, for an average yield of 29.52 t ha⁻¹, strawberry growing demands quality resources so, it must meet the following official Mexican standards: NOM-001-ECOL-1996, NOM-CCA-O33-ECOL/1993, NMX-FF-006. Which regulate the presence of contaminants in irrigation water and non-industrialized food products for human use. As for the structure of costs and production systems, there are three typologies of strawberry production in the region, mainly depending on the socioeconomic strata of the farmers, as well as access to financing, in the Table 1 shows the costs structure for each production system.

Cuadro 1. Estructura de costos de los sistemas de producción de fresa (\$ ha⁻¹).
Table 1. Cost structure systems strawberry production (\$ ha⁻¹).

Sistema de producción	Preparación del terreno	Fertilizantes	Plantas	Agroquímicos	Mano de obra	Infraestructura/ riego	Diversos	Costo total
Tecnología tradicional	2 000.00	4 866.00	\$28 980.00	34 236.00	49 750.00	6 050.00	2 029.00	137 911.00
Tecnología intermedia	20 052.00	14 866.00	\$28 980.00	34 236.00	49 750.00	17 605.00	2 506.00	167 995.00
Alta tecnología	15 100.00	18 384.00	\$31 050.00	71 898.00	118 650.00	15 550.00	19 550.00	290 182.00

Fuente: Pimentel *et al.* (2008).

Valoración económica

Reconociendo las tres dimensiones de la sustentabilidad: ambiental, social y económica, la expresión monetaria resulta objetiva y tangible, como alternativa conmensurable de cada dimensión; sin embargo, habrá de reconocerse también que la valoración económica *per se*, no es la solución total de los problemas ambientales, pues no necesariamente refleja en forma objetiva el valor de estos recursos en términos económicos, ya que como se puntualizó anteriormente el valor de los bienes y servicios ambientales abarca más de una dimensión y no todas son expresables en dinero (IUCN, 2001).

Por lo anterior, los tomadores de decisión, deberán hacer consideraciones sobre el manejo de los recursos naturales. Para la gestión ambiental el campo de aplicación sustentable es el de la economía ecológica, la cual es articuladora de disciplinas, su método y lenguaje de valoración de la naturaleza, es multi criterial, monetario, ecológico y ético, los conflictos distributivos están incorporados en una de sus vertiente, y sus fundamentos teóricos son desde la economía neoclásica, marxismo, ecología y ética (Martínez, 2008). El marco comúnmente aceptado es la teoría del valor económico total (VET) desarrollada por Pearce y Turner (1990); Pearce (1993). Esta teoría tiene la bondad de adaptar la economía a la cuantificación de los recursos naturales y ambientales (Figura 1).

Las posibilidades de aplicación de los métodos de valuación son amplias ya que existe una serie de métodos para cada bien en particular. A continuación, se hace una breve descripción de los métodos más usados, sin pretender exhaustividad, solo se hace la diferenciación puntual de cada uno de ellos. Para lograr integrar el VET, habrá de considerar la aplicación de varios métodos de valoración, según sea el objetivo a alcanzar, para lo cual, como se señaló anteriormente se enuncian algunos de ellos.

Economic valuation

Recognizing the three dimensions of sustainability: environmental, social and economic, monetary expression is objective and tangible, as commensurable alternative of each dimension; however, it must also be recognized that economic valuation *per se*, is not the entire solution of environmental problems, since it does not necessarily objectively reflect the value of these resources in economic terms, since as previously stated the value of environmental goods and services encompasses more than one dimension and not all are expressible in money (IUCN, 2001).

Therefore, decision-makers should consider the management of natural resources. For environmental management the field of sustainable application is that of the ecological economy, which is a disciplines articulator, its method and language of nature assessment, is multi criteria, monetary, ecological and ethical, distributive conflicts are incorporated and its theoretical foundations range from neoclassical economics, Marxism, ecology and ethics (Martínez, 2008). The commonly accepted framework is the theory of total economic value (VET) developed by Pearce and Turner (1990); Pearce (1993). This theory has the goodness to adapt the economy to the quantification of natural and environmental resources (Figure 1).

The application possibilities of valuation methods are wide as there are a number of methods for each particular good. The following is a brief description of most used methods, without aiming exhaustiveness, only the punctual differentiation of each of them is made. In order to integrate the VET, it will have to be considered the application of several valuation methods, depending on the objective to be achieved, for which, as noted above, some of them are stated.

Métodos de valoración económica

Los precios de mercado

Se utilizan para valorar los costos/beneficios asociados a cambios en la calidad y cantidad de bienes ambientales que se comercian en mercados funcionando perfectamente. Se utilizan generalmente con otros métodos de preferencia revelados (costo de la enfermedad, enfoque de costos de reemplazo), que asumen que el precio de mercado representa el costo de oportunidad de los recursos hídricos. Entre sus ventajas: los precios reflejan el valor económico real o costo de oportunidad para toda la sociedad de los bienes y servicios comercializados en los mercados nacionales e internacionales (pescado, leña, turba). Sus limitaciones: Es complicado deducir los precios económicos y esto puede exigir muchos datos. Según parece, es posible que los precios artificiales no sean aceptados por los decisores.

Método de los precios hedónicos

El valor recreativo del medio ambiente (paisaje) se deduce de los mercados de bienes raíces o de trabajo. La premisa básica es que el valor nominal de un bien raíz (salario) refleja una corriente de beneficios (o las condiciones de trabajo) y que es posible aislar el valor de la característica ambiental u oportunidad recreativa de que se trate. Su fortaleza, es posible que los precios hedónicos sirvan para valorar algunas funciones de los humedales (protección contra tormentas, recarga de acuíferos) en términos de su impacto en el valor de las tierras, en el supuesto de que las funciones de los humedales se reflejen plenamente en los precios de la tierra. Su principal limitación: poco utilizable para bienes ambientales, solo captura valor de bienes ambientales relacionados directamente con la compra, puede haber distorsiones de mercado (impuestos), requiere conocimientos estadísticos serios, los resultados dependen de la especificación del modelo, además se requiere una gran cantidad de datos a veces difíciles de conseguir.

Método del costo del viaje

Este método deduce la disposición a pagar por los beneficios ambientales empleando información sobre el dinero y el tiempo que los visitantes emplean para acudir a él. La desventaja, es que emplea para estimar el valor de lugares recreativos, como parques públicos y reservas naturales, en países en desarrollo. Podría emplearse para estimar la disposición a pagar por concepto de turismo ecológico en humedales

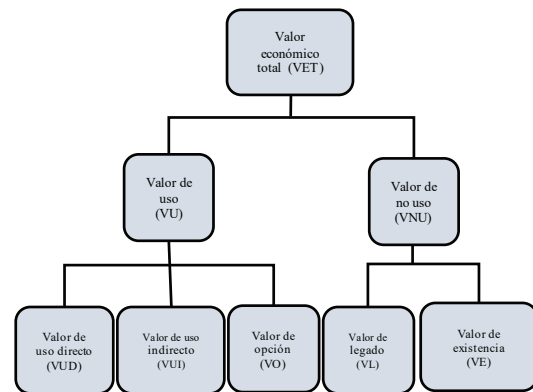


Figura 1. Valor económico total (VET). Elaboración a partir de Pearce *et al.* (1990); Pearce (1993).

Figure 1. Total economic value (VET). Elaboration from Pearce *et al.* (1990); Pearce (1993).

Methods of economic valuation

Market prices

They are used to assess the costs/benefits associated with changes in the quality and quantity of environmental goods traded in perfectly functioning markets. They are generally used with other methods of revealed preference (disease cost, replacement cost approach), which assume that the market price represents the opportunity cost of water resources. Among its advantages: prices reflect the real economic value or opportunity cost for the whole society of goods and services traded in national and international markets (fish, firewood, peat). Its limitations: It is difficult to deduce the economic prices and this may require a lot of data. Apparently, artificial prices may not be accepted by decision-makers.

Hedonic pricing method

The recreational value of the environment (eg of a landscape) is deducted from the real estate or work markets. The basic premise is that the nominal value of a good (salary) reflects a stream of benefits (working conditions) and that it is possible to isolate the value of the environmental characteristic or recreational opportunity in question. Its strength is that hedonic prices may serve to assess some functions of wetlands (storm protection, aquifer recharge) in terms of their impact on land's value, assuming that the functions of wetlands are fully reflected in land prices. Its main limitation: it can not be used for environmental goods, it only captures the value of environmental goods directly

tropicales de algunos países en desarrollo. La desventaja, alto coeficiente de datos, supuestos restrictivos sobre la conducta del consumidor (viaje con varias finalidades), los resultados son sensibles a los métodos estadísticos empleados para especificar la relación con la demanda.

Método de valoración contingente (MVC)

Establece un mercado hipotético para determinar la disposición de los entrevistados a pagar. Estima directamente la medida de bienestar, aporta la medida teórica más exacta de la disposición a pagar. MVC: es el único método que puede medir los valores de opción y existencia y aportar una medida verdadera de valor económico total. No está muy claro que sea una medida de lo que la gente pagaría por la calidad ambiental, no se conocen las virtudes de los ecosistemas, se puede responder a preguntas no hechas. Pensar que es un derecho que no debe pagar, puede utilizarse como protesta o verlo igual a amenaza, no siempre se hace lo que se dice, la disponibilidad a pagar no es igual que a aceptar, la suma de las partes no es el todo ni el orden es indiferente.

Métodos basados en costos

De oportunidad, restauración y sustitución; para valorar beneficios, funciones ambientales o beneficios de usos indirectos; sin embargo, podemos encontrar problemas como: infravalorar beneficios, cuando no tenemos claro el estado o preexistencia de los ecosistemas, podemos incurrir en errores cuando solo consideramos indicadores físicos.

Para nuestro caso se realiza la aplicación del método de cambio de productividad, dada la importancia del agua en la subcuenca del río Duero, zona de alta productividad agrícola en el estado de Michoacán y de importancia nacional en la producción de frutillas y hortalizas.

Método de cambio en productividad

Los economistas han desarrollado un modelo de producción abstracto, donde la relación entre insumos y producto se formaliza mediante una función de producción de la siguiente forma:

$$Q = f(X_1, \dots, X_n, W) \quad (1)$$

Donde: Q= producción de un bien de mercado durante un período de tiempo; X_i (i= 1, ..., n)= n insumos y W= cualquier bien o servicio ecosistémico utilizado por la

related to the purchase, there may be market distortions (taxes), serious statistical knowledge is required, the results depend on the specification of the model, it also requires great amount of data that is sometimes difficult to get.

Travel cost method

This method derives willingness to pay for environmental benefits in one place by using information about the money and time that visitors spend to get there. The disadvantage of this method is that it generally uses to estimate the value of recreational places, such as public parks and nature reserves, in developing countries. It could be used to estimate the willingness to pay for ecological tourism in tropical wetlands in some developing countries. The disadvantage: high data coefficient; restrictive assumptions about consumer behavior (multi-purpose travel), the results are very sensitive to the statistical methods used to specify the relation with demand.

Contingent valuation method (CVM)

It establishes a hypothetical market to determine the willingness of respondents to pay. It directly estimates the welfare measure, provides the most accurate theoretical measure of willingness to pay. CVM is the only method that can measure option and existence values and provide a true measure of total economic value. It is not very clear that it is a measure of what people would pay for environmental quality, the ecosystems virtues are unknown, unanswered questions can be solved. To think that it is a right that should not be payed, can be used as a protest or see it as a threat, not always done what is said, availability to pay is not the same as to accept, the sum of the parts is not the whole nor the order is indifferent.

Cost-based methods

Opportunity, restoration and replacement; to evaluate benefits, environmental functions or benefits of indirect uses, however, we can find problems such as: underestimating benefits, when the state or pre-existence of ecosystems are not clear, errors can be made when only physical indicators are considered.

In this study, the productivity change method is applied, given the importance of water in the Duero river basin, an area of high agricultural productivity in the state of Michoacán and of national importance in the production of berries and vegetables.

firma en su proceso productivo (Nicholson, 2001). El cambio de productividad del recurso o servicio ambiental está asociado al reconocimiento de que el agua de riego de calidad incrementa o disminuye la productividad agrícola, la estimación del cambio en productividad puede calcularse para cada período seleccionado; o bien, puede ser posible desarrollar una relación funcional entre producción y el cambio ambiental. Esta función puede entonces usarse para determinar el cambio en producción bajo distintos escenarios de cambio ambiental, (Freeman y Harrinton, 1990). Se establece en principio la función de producción:

$$Q = f(T, L, K, O, A) \quad (2)$$

Donde: la producción de la fresa (Q); está en función de la cantidad de tierra (T); mano de obra (L), el capital -maquinaria y equipo- (K); otros insumos como electricidad, agroquímicos (O); y la cantidad de agua (A), suponiendo una calidad media de los insumos y que se toma en cuenta la ley de los rendimientos marginales decrecientes. De manera simplificada tenemos:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k \quad (3)$$

Además:

$$q_k = (Q_{riego}^k - Q_{temporal}^k) / V_i \quad (4)$$

Donde: P_k^{ag} = costo del agua en agricultura para el cultivo k ($\$ m^{-3}$); p_k = precio del producto k ($\$ kg^{-1}$); c_k = costo de producción bajo riego ($\$ kg^{-1}$); q_k = cambio en producción del cultivo k bajo riego ($kg m^{-3}$); Q_{riego}^k = cantidad de producción del cultivo k bajo riego ($kg ha^{-1}$); $Q_{temporal}^k$ = cantidad de producción del cultivo k sin riego ($kg ha^{-1}$); V_i = volumen de agua usado en riego del cultivo i ($m^3 ha^{-1}$).

Si la información es para n cultivos, se puede calcular el valor del agua como un promedio ponderado (P^{ag}) de los n cultivos analizados. Es decir.

$$P^{ag} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i^{ag} Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5)$$

Este método es relativamente fácil de aplicar cuando se cuenta con información confiable como fue nuestro caso, pero se complica cuando existe más de un sistema de producción (Meza *et al.*, 2008; Virol *et al.*, 2006), otra de las razones

Method of productivity change

Economists have developed an abstract production model, where the relationship between inputs and output is formalized by a production function as follows:

$$Q = f(X_1, \dots, X_n, W) \quad (1)$$

Where: Q = production of a market good over a time period; X_i (i = 1, ..., n) = n inputs and W = any good or ecosystem service used by the sign in the production process (Nicholson, 2001). The productivity change of the environmental resource or service is associated with the recognition that quality irrigation water increases or decreases agricultural productivity, the estimation of the productivity change can be calculated for each selected period, or it may be possible to develop a relationship between production and environmental change. This function can then be used to determine the change in production under different scenarios of environmental change, (Freeman and Harrinton, 1990). The production function is established as follows:

$$Q = f(T, L, K, O, A) \quad (2)$$

Where: strawberry production (Q); is a function of the amount of land (T); labor (L), capital -machinery and equipment- (K); other inputs such as electricity, agrochemicals (O); and the water quantity (A), assuming an average quality of the inputs and taking into account the Law of diminishing marginal returns. Simplified it turns as follows:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k \quad (3)$$

And

$$q_k = (Q_{riego}^k - Q_{temporal}^k) / V_i \quad (4)$$

Where: P_k^{ag} = cost of water in agriculture for growing k ($\$ m^{-3}$); p_k = product price ($\$ kg^{-1}$); c_k = irrigated production cost ($\$ kg^{-1}$); q_k = change in k crop production under irrigation ($kg m^{-3}$); Q_{riego}^k = quantity of k crop production under irrigation ($kg ha^{-1}$); $Q_{temporal}^k$ = amount of k crop production without irrigation ($kg ha^{-1}$); V_i = volume of water used for crop irrigation i ($m^3 ha^{-1}$).

If the information is for n crops the water value can be calculated as a weighted average (P^{ag}) of n crops analyzed. That is to say.

para aplicar este método es que su aplicación es clara en la determinación del efecto físico de la falta de agua y luego estima el efecto en términos monetarios (Múnera, 2004).

Resultados

La metodología convencional considera el análisis comparativo de cultivos de riego *versus* cultivos de temporal. Sin embargo, para este caso se ha planteado una variante en el proceso. Primero consideramos el cultivo de fresa con las premisas de carácter técnico, normativo y del mercado del producto, ya que este cultivo demanda calidad y grandes volúmenes de agua y a la falta de estas dos condiciones, no es permitido el cultivo de fresa, quedando plenamente definida la función de producción del agua como señala (Young, 1996), en tal caso el productor tiene la alternativa de cultivar maíz y trigo, que no son exigentes técnica y normativamente con el agua tanto en calidad como en cantidad.

En consecuencia, la reducción de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad del acuífero Zamora para los productores de fresa, pueden enfrentar una pérdida económica la cual se reduce 17% de los ingresos actuales en el cultivo de fresa. Ante esta situación, el escenario de falta del recurso hídrico en calidad y cantidad significa obtener ingresos netos anuales por \$128 200.00 contra \$21 984.70 (\$13 081.90 + \$8 902.80) por cultivos de maíz y trigo, diferencia derivada de la pérdida del servicio ecosistémico (Cuadro 2).

$$P^{ag} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i^{ag} Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5)$$

This method is relatively easy to apply when it has reliable information as in this study, but is complicated when there is more than one production system (Meza *et al.*, 2008; Viroi *et al.*, 2006), another reason for applying this method is that its application is clear in determining the physical effect of the lack of water and then estimates the effect in monetary terms (Múnera, 2004).

Results

Conventional methodology normally considers comparative analysis of irrigated crops *versus* rain-fed crops. However, for this particular case a variant has been proposed in the process. First, strawberry cultivation is considered with technical premises, normative ones and of the market of the product, since this crop demands quality water and great volumes of the vital liquid and in the absence of these two conditions the cultivation of strawberry is not allowed, leaving the water production function fully defined as mentioned by (Young, 1996), in which case the producer only has the alternative of growing maize and wheat, crops that are not technically and normatively demanding with water in both quality and quantity.

Cuadro 2. Análisis comparativo entre fresa de riego vs maíz y trigo de riego. Comparación de costos unitarios de producción y ganancias netas de agricultura de riego, maíz (tecnología tradicional).

Table 2. Comparative analysis of irrigated Strawberry vs irrigated maize and wheat. Comparison of unit production costs and net profits of irrigated agricultura, maize (traditional technology).

Concepto	Fresa de riego	Maíz de riego	Maíz/trigo de riego	Diferencia
Producción*ha (t ha ⁻¹)	29.52	8.9	6.7	-
Precio de venta (\$ t ⁻¹)	10 000.00	2 671.00	2 712.00	-
Ingresos*ventas (\$)	295 200.00	23 771.90	18 170.40	253 257.70
Costos totales (\$ ha ⁻¹)	167 000.00	10 690.00	9 267.60	147 042.40
Ganancia (\$ t ⁻¹)	128 200.00	13 081.90	8 902.80	106 215.30
Agua usada (m ³ ha ⁻¹)	40 000.00	6 599.00	4 489.00	28 912.00
(\$ m ⁻³)				3.67

Fuente: elaboración con base a los datos oficiales del ciclo agrícola 2007 (ASERCA, 2007).

En caso extremo, cuando ya no es factible sembrar hortalizas, debido a escases del agua y al no haber calidad de la misma, se ejemplifica a continuación este escenario (Cuadro 3).

Discusión

El uso de la técnica de función de producción es aplicable cuando el agua contribuye en una fracción significativa del valor del producto, como es el caso ya que si se omite un insumo o es subestimado en la función, su valor pasará al valor residual (agua), sobreestimando dicho valor, en nuestro caso se contó con la estadística confiable de precios y productos que intervienen en el costo de producción de los cultivos.

Consequently, the reduction of water availability in quantity and quality of the Zamora aquifer for agriculture, and particularly for strawberry producers, can face an economic loss which is reduced by 17% of the current income in strawberry cultivation. Given this situation, the scenario of lack of water resource in quality and quantity means to obtain annual net income of \$ 128 200.00 against \$ 21 984.70 (\$ 13 081.90 + \$ 8 902.80) for maize and wheat crops, a difference derived from the loss of ecosystem service (Table 2).

In an extreme case, when it is no longer feasible to plant vegetables due to scarce water resources and because there is no quality in it, this scenario is exemplified below (Table 3).

Cuadro 3. Análisis comparativo maíz y trigo de riego vs maíz de temporal. Comparación de costos unitarios de producción y ganancias netas de agricultura de riego, maíz (cultivo tradicional) y maíz de temporal mecanizado.

Table 3. Comparative analysis of irrigated maize and wheat vs rain-fed maize. Comparison of unit production costs and net profits of irrigation agriculture, maize (traditional crop) and mechanized rain-fed maize.

Concepto	Maíz de riego (primavera-verano)	Trigo de riego (otoño-invierno)	Maíz de temporal	Diferencia
Producción*ha (t ha ⁻¹)	8.9	6.7	5	-
Precio de venta (\$ t ⁻¹)	2 671.00	2 712.00	2 671.00	-
Ingresos*ventas (\$)	23 771.90	18 170.40	13 355.00	28 587.30
Costos totales (\$ ha ⁻¹)	10 690.00	9 267.60	9 267.60	10 690.00
Ganancia (\$ t ⁻¹)	13 081.90	8 902.80	4 087.40	17 897.30
Agua usada (m ³ ha ⁻¹)	6 599.00	4 489.00		11 088.00
(\$ m ⁻³)				1.61

Fuente: elaboración con base en los datos oficiales del ciclo agrícola 2007 (ASERCA, 2007).

La función de producción cubrió las premisas del método, se identificaron todos los insumos importantes, en particular se estableció la función y nivel de productividad el agua en calidad y cantidad para productividad del cultivo de fresa y la dependencia total de este al recurso hídrico. No existe tampoco intervención gubernamental sobre productos o insumos por lo que se cumple satisfactoriamente con estos supuestos.

La aplicación de la metodología de la función de producción puede resultar problemática (Aylward y Barbier, 1992), cuando existe más de una función de producción. Para el caso que en esta investigación, el análisis realizado fue sobre un cultivo; no obstante, que el agua se utiliza para una gama amplia de cultivos, se

Discussion

The use of the production function technique is applicable when water contributes in a significant fraction of the product's value, as in this case because if an input is omitted or underestimated in the function, its value will go to the residual value (water), overestimating this value, in this studied case there was a reliable prices statistics and products that intervene in the production cost of the analyzed crops.

The production function covered the premises of the method, all important inputs were identified, in particular the water function and productivity level was established in quality and quantity for the production of strawberry crops and its total

consideró solo la fresa, porque tan solo 2 000 ha consumen cerca de 30% del agua total disponible del acuífero del Río Duero.

Los resultados de este análisis hacen evidente que el contar con agua de calidad y cantidad suficiente para el cultivo de la fresa, permite obtener un diferencial de \$106 215.30 ha⁻¹ sobre el cultivo de maíz y trigo. Este diferencial se debe en gran medida a que el mercado internacional le asigna al agua de calidad, misma que proveniente de los acuíferos Zamoranos (Peniche, 2007), los resultados confirman que en la cuenca del Río Duero, el agua de calidad simplemente carece de precio y no figura en el esquema de costos de la producción de fresa de los resultados del análisis anterior, se asignó al agua un valor de \$3.67 m⁻³. Los valores estimados son representativos del valor actual del agua en la agricultura en la medida que la fresa y el maíz y el trigo son los productos agrícolas que ocupan la mayor superficie en cuanto a hortalizas y granos básicos se refiere en la zona y, presumiblemente el cultivo de fresa es el que más agua de riego consume.

Por otra parte, estos resultados muestran que en el diferencial entre el cultivo de fresa y maíz, el agua y su calidad es determinante para el cultivo de fresa, y a un nivel de productividad de 29.52 t ha⁻¹ se obtiene, un ingreso neto de \$112 047.00 ha⁻¹ vs el cultivo de maíz. Por otra parte, se tiene un valor del agua de \$3.67 m⁻³ con el cultivo de fresa, en cambio de maíz de riego a maíz de temporal, se reduce drásticamente a \$0.88 m⁻³. Sin embargo, si comparamos el precio de \$3.67 m⁻³ contra \$1 315.79 m⁻³, que cuesta el agua de garrafón en la zona para consumo humano, simplemente no hay proporción alguna, entonces este análisis muestra la importancia hasta hoy no reconocida del servicio ecosistémico del que se está sirviendo un consumidor importante como es la agricultura en la cuenca.

Conclusiones

La aplicación del método de cambio de productividad en la valoración del servicio ecosistémico de provisión de agua como insumo en la producción de alimentos, en el cultivo de fresa en la subcuenca del Río Duero, Michoacán, permitió identificar la relación causa efecto; la producción de frutillas y hortalizas en la subcuenca del Río Duero, en particular del cultivo de fresa depende de la calidad y cantidad de agua con lo cual se obtiene una renta neta de

dependencia to water resource. There is also no government intervention on products or inputs, so that these assumptions are satisfactorily fulfilled.

The application of the production function methodology can be problematic (Aylward and Barbier, 1992), when there is more than one production function. In this study, the analysis was carried on a crop, although the water is used for a wide range of crops, only strawberry crop was considered, because only 2 000 ha consume about 30% of the total water available of the Duero River aquifer.

The results of this analysis make it evident that having quality water and sufficient quantity for the cultivation of strawberries, allows to obtain a differential of \$106 215.30 ha⁻¹ compared to the cultivation of maize and wheat. This differential is largely due to the fact that the international market allocates to quality water, which comes from the Zamoranos aquifers (Peniche, 2007), the results confirm that in the basin of the Douro River, quality water is simply lacking in price and is not found in the costs scheme of strawberry production; from the results of the above analysis, a value of \$3.67 per m³ was assigned to the water. The estimated values are representative of the current value of water in agriculture to the extent that strawberry and maize and wheat are the agricultural products occupying the largest area in terms of vegetables and basic grains in the area and, presumably, strawberry cultivation is the one that consumes more water.

Moreover, these results show that the difference between the cultivation of strawberries and maize, water and its quality is decisive for strawberries cultivation, and a productivity level of 29.52 t ha⁻¹ is obtained, a net inflow of \$112 047.00 ha⁻¹ vs maize crop. Moreover, there is a water value of \$3.67 m⁻³ in the strawberry crop, instead from irrigated maize to rain-fed maize, it is drastically reduced to \$0.88 m⁻³. However, if the price of \$3.67 m⁻³ is compared to \$1 315.79 m⁻³, which is the cost of bottled water in the area for human consumption, there is simply no proportion whatsoever, then this analysis shows the importance so far not recognized of the ecosystem service that serves a major consumer such as the basin agriculture.

Conclusions

The application of the productivity change method in the evaluation of the ecosystem service of water supply as an input in the food production, in the strawberries cultivation

\$128 200.00, por el contrario si se pierde este servicio ecosistémico el ingreso neto se reduce a la producción de maíz y trigo únicamente para estos cultivos el ingreso neto es de \$21 984.70 lo cual significa dejar de percibir \$106 215.00, por otra parte, de seguir ese nivel de el uso consumo no sustentable del agua de riego, en el corto plazo afectará el bienestar de la sociedad en su conjunto; la búsqueda de rentabilidad muestra el impacto ambiental que tiene el cultivo de fresa sobre los recursos hidricos.

La valoración económica resulta particularmente importante, porque permite ver una cara poco conocida en sistemas de producción y constituye un indicador determinante para analizar los efectos que tiene la relación producción/consumo de bienes y servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas en la cuenca del Rio Duero. Al traducir los efectos físicos en valores monetarios, permite la comparación entre diversas alternativas de gestión ambiental para optar por la que mejor convenga al bienestar de la sociedad; es decir, aquella que tenga el menor valor monetario para sus externalidades y en consecuencia, presente los menores daños en los ecosistemas.

La cantidad y calidad del agua de riego en el área de estudio demuestra que este servicio ecosistémico representa 83% del ingreso neto del productor, contra 17%, si se pierde el servicio, cambiando de producir un producto de exportación como la fresa a solo sembrar maíz y trigo en condiciones de riego en sus dos ciclos productivos de primavera-verano y otoño-invierno.

Ante la problemática abordada en este trabajo, se plantean elementos que parten del interés por los métodos de valuación básicos para colocar el tema de la administración del recurso agua en la mesa de discusión de la valoración en México. La importancia del recurso hidrico no está a discusión, si bien el agua como derecho humano no significa regalarla, pero debe establecerse un nivel mínimo de provisión innegable por encima del cual los usuarios deben hacer uso del mismo de manera responsable y generar cultura por el pago del servicio ecosistémico y no solo de su administración.

Por lo tanto, corresponde a todos los actores sociales beneficiarios de los recursos hidricos de la cuenca contribuir o en su caso apoyar, estudios que permitan conocer la capacidad de generación-provisión de servicios ecosistémicos a nivel de unidades ambientales biofísicas (UAB) y sus interrelaciones antrópicas, en la cuenca

in the Duero River basin, Michoacán, allowed to identify the cause-effect relation; the production of berries and vegetables in the Duero River basin, in particular strawberry cultivation depends on the quality and quantity of water, resulting in a net income of \$128 200.00, on the other hand, if this ecosystem service is lost, net income is reduced to the production of maize and wheat and for these crops the net income is only \$21 984.70 which means to stop receiving \$106 215.00, on the other hand, if that level of unsustainable irrigation water use-consumption continues in the short term will affect the welfare of society; the search for profitability shows the environmental impact of strawberry cultivation on water resources.

The economic valuation is particularly important because it allows to see a little known face of production systems and is a determinant indicator to analyze the effects of the production/consumption relationship of ecosystem goods and services provided by the ecosystems in the Duero River basin. By translating the physical effects into monetary values, it allows the comparison between different environmental management alternatives to choose the one that best suits the welfare of society; that is to say, the one that has the least monetary value for its externalities and, consequently, shows the least damages to ecosystems.

The quantity and quality of the irrigation water in the study area shows that this ecosystem service represents 83% of the net income of the producer, against 17%, if the service is lost, changing from producing an export product like strawberry to only planting maize and wheat in irrigation conditions in its two spring-summer and autumn-winter production cycles.

Against the problems addressed in this paper, elements are proposed that start from the interest in basic valuation methods to place the issue of water resource management in the discussion table of valuation in México. The importance of the water resource is not under discussion, although water as a human right does not mean giving it away, but a minimum level of undeniable provision must be established above which users must make responsible use of it and generate culture for the payment of the ecosystem service and not only of its administration.

Therefore, it is the responsibility of all social actors who benefit from the water resources of the basin to contribute or, if necessary, support studies that allow the knowledge

del Río Duero, ya que la presión que se está ejerciendo sobre el acuífero por la necesidad de agua en cantidad y calidad puede en el mediano plazo; generar escasez y abatimiento del mismo. La responsabilidad social debe ser la constante en cualquier actividad económica; a través de ella, se debe contribuir a la conservación y mantenimiento de los ecosistemas naturales que proveen los bienes y servicios ecosistémicos como el agua.

of the capacity of generation and provision of ecosystem services at the level of biophysical environmental units (UAB) and their anthropic interrelationships in the Duero River basin, since the pressure exerted on the aquifer by the need for water in quantity and quality may in the medium term; Generate shortage and depletion of it. Social responsibility must be the constant in any economic activity; it must contribute to the conservation and maintenance of natural ecosystems that provide ecosystem goods and services such as water.

Literatura citada

End of the English version



- Alier, J. M.; Jusmet, J. R. y Sánchez, J. 1998. Curso de economía ecológica. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. 129 p
- Avilés, P. G.; Huato, S. L.; Troyo, D. L.; Murillo, A. B.; García, H. J. L. y Beltrán, M. F. Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, BCS: una valoración contingente del uso de agua municipal Colegio de la Frontera Norte. 22(43):104-105.
- Aylward, B. y Barbier, E. B. 1992. La valoración de las funciones ambientales en los países en desarrollo. Biodiversidad y Conservación. 1(1):34-50.
- Balvanera, P.; Cotler, H.; Aburto, O.; Aguilar, A.; Aguilera, M.; Aluja, M. y Ávila, P. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. Capital natural de México. 2:185-245.
- Barrantes, G. y Vega, M. 2002. Valoración económica del servicio ambiental hídrico: caso de aplicación Cuenca del Río Tempisque. Preparado para asotempisque y financiado por Fondo Canje Deuda Costa Rica Canadá, PPD/PNUD y CRUSA. Elaborado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS).132-140 pp.
- Birol, E.; Karousakis, K. and Koundouri, P. 2006. Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. Science of the total environment. 365(1):105-122.
- Carpenter, S. R. and Folke, C. 2006. Ecology for transformation. Trends in Ecology and Evolution. 21(6):309-315.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México: políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 29-31 pp.
- Daily, G. C.; Söderqvist, T.; Aniyar, S.; Arrow, K.; Dasgupta, P.; Ehrlich, P. R. and Levin, S. 2000. The value of nature and the nature of value. Science Ecology. 3(2):395-396). <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art14>.
- FAO. 2003. Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Departamento de Desarrollo Sostenible. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia. 5-13pp.
- Flores, L. N. y López, B. J. 2008. Caracterización ambiental biofísica de las unidades ambientales morfogénéticas para el ordenamiento de la Subcuenca del Río Duero, Michoacán, México. In: XXIII Congreso Panamericano de Valuación, UPAV. (ICOVAL), San José de Costa Rica. 4-6 pp.
- Turner, R. K.; Pearce, D. W. and Bateman, I. 1993. Environmental economics: an elementary introduction, The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 57-59 pp.
- Freeman, A. and Harrington, W. 1990. Measuring welfare values of productivity changes. Southern Economics. 56(4): 892-904.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute. Washington, D.C. 109 p.
- Mesa, J. M. A.; Pistón, J. M.; Berbel, J. y Giannoccaro, G. 2008. Valoración del agua de riego en la Cuenca del Guadalquivir. aplicación para el escenario 2015. In: III Congreso de la Asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales. 2-6 pp.
- Múnera, J. D. O. 2004. Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. Semestre económico. 7(13):160-192.
- Nicholson, 2001. Microeconomía intermedia y sus aplicaciones. Ed. McGraw Hill. Bogotá, Colombia. 3-17 pp.
- Pearce, D. W. and Turner, R. K. 1990. Economics of natural resources and the environment. JHU Press. 104-108 pp.
- Pearce, D. W. 1993. Blueprint 3: Measuring sustainable development (Vol. 3). Earthscan. 36-40 pp.
- Peniche, S. 2007. Mecanismos de mercado de la administración del agua para la agricultura de riego: El caso de la producción de fresa en El Bajío Zamorano. Simposio "Origen, causas y consecuencias de la crisis del agua y las estrategias nacionales para afrontarla". Universidad de Guadalajara, CUCEA. <http://www.eumed.net/eve/resum/07-junio/spc.htm>, 3 p.
- Pimentel, E. J. L.; Velázquez, M. M. A.; Seefoó, L. J. L. y Flores, L. N. 2008. Impacto socioeconómico de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del Río Duero y su importancia en la producción de fresa. CONAFRE, A. C. SAGARPA. Zamora, Michoacán. 72-88 pp.
- Saldivar, V. A. 2007. Las aguas de la ira: economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad?. Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 35-40 pp.
- Swinton, S. M.; Lupi, F.; Robertson, G. P. and Hamilton, S. K. 2007. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. Ecol. Econ. 64(2):245-252.
- Young, R. A. 1996. Measuring economic benefits for water investments and policies. The World Bank. Technical Paper Núm. 338. 125-136 pp.