AAU0574
TRAB
E2002
E7

USO DE LA TEORÍA DE BIENES COMPLEMENTARIOS DÉBILES PARA LA ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS AMBIENTALES: CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LA ISLA DE FLORES EN INDONESIA.

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

ECON. JEANNETTE ESPINOZA C.
PROFESOR ASISTENTE
UCAB

Caracas, Mayo 2002

Uso de la teoría de bienes complementarios débiles para la estimación de beneficios ambientales: conservación de suelos en la Isla de Flores en Indonesia.

Jeannette Espinoza C., PhDC

RESUMEN

En este trabajo se presenta una estrategia para la valuación de los beneficios ambientes en ecosistemas forestales mediante el estudio de la demanda de su bien complementario débil, trabajo agrícola – bien que posee precio de mercado. En el caso estudiado, la protección forestal en el Parque Nacional Ruteng de la Isla de Flores, Indonesia, provee beneficios en la conservación del suelo a los pequeños agricultores que viven en zonas cercanas a las áreas protegidas. Análisis econométricos de hidrología forestal y data de hogares agrícolas muestran que la erosión del suelo es un bien complementario débil con respecto a la demanda de trabajo agrícola. Basado en los resultados de las estimaciones, se puede determinar que de 10 a 30% de disminución en la erosión del suelo permite incrementar el beneficio para los productores entre 8 y 15%. Este estudio sugiere que las políticas que se implementen para proteger cuencas en bosques tropicales pueden proveer beneficios sustanciales a la población local. Consecuentemente, las autoridades a cargo de las decisiones en materia de política de recursos naturales deben destinar mayor atención y recursos para la preservación de bosques tropicales y de este modo reversar la creciente tasa de deforestación en estos bosques.

Uso de la teoría de bienes complementarios débiles para la estimación de beneficios ambientales: conservación de suelos en la Isla de Flores en Indonesia.

Jeannette Espinoza C[1]., *PhDC*

Introducción

El uso de las tierras, que impacta el normal funcionamiento del ecosistema en la forma de erosión del suelo, puede tener profundas implicaciones económicas, particularmente, en aquellas economías que son altamente dependientes de su capital natural. La protección forestal puede mitigar las tasas naturales de erosión del suelo en áreas aledañas a los bosques, y por lo tanto, otorgar beneficios sustanciales a las comunidades agrícolas que consideran el suelo como un recurso productivo dentro de la producción. La protección publica de los bosques puede ser garantizada en el caso de bosques que están cercanos a las comunidades agrícolas ya que muchos de los servicios provenientes de los bosques, tales como conservación del suelo, son bienes públicos[2] (Pattanayak, 1997).

---

[1] Economista. Profesor Asistente, Escuela de Ciencias Sociales y Escuela de Administración y Contaduría. UCAB. PhD Candidate en North Carolina State University.

[2] Utilizando el concepto de bien público puro, es decir, aquellos bienes que no son ni excluyentes ni rivales.

Se requiere de la intervención gubernamental para la conservación forestal, si el beneficio proveniente de la conservación justifica los costos en los que se pueden incurrir. Sin embargo, la ausencia de información en cuanto a la naturaleza y magnitud de este tipo de beneficios obstruye la formulación y aplicación de políticas forestales más eficientes y adecuadas. Por lo tanto, en este estudio el enfoque fundamental es en la estimación potencialmente sustancial de los beneficios del ecosistema hacia la conservación natural de los suelos en las áreas protegidas.

En este estudio se utiliza el marco teórico de los "tres-estados"[3] para estimar el cambio en el excedente del productor (cambio en los niveles de casi-renta) debido a cambios producidos en el nivel de erosión del suelo que es inducido por cambios en los niveles de protección forestal (Freeman, 1993). El primer "estado" relaciona la conservación del suelo a los niveles de protección forestal. En el segundo "estado", se establece la relación entre conservación del suelo y demanda de trabajo en actividades agrícolas 'aguas abajo'. En el modelo econométrico utilizado en este estudio, se controlan los efectos que pueden inducir ciertos insumos productivos dentro de esta actividad agrícola, tales como condiciones del agua, tamaño de la granja, índice de irrigación, y factores de mercado como salario, precio del café y precio del arroz. En el tercer "estado", se analizan los cambios en los beneficios económicos que resultan de la conservación del suelo que es inducida por la protección de los

[3] Freeman desarrolla la idea de los "tres-estados" con la finalidad de incorporar el factor ambiental (considerado como insumo) dentro de las estimaciones de beneficio.

bosques. Este cambio en el beneficio económico es medido como variaciones en el excedente del productor, lo cual es equivalente al cambio en el área debajo de la curva de demanda de trabajo (Mäler y otros, 1994; Huang y Smith, 1998).

Conservación de suelos: una externalidad positiva en ecosistemas forestales

La erosión es un proceso natural que puede ser acelerado por actividades humanas, incluyendo la deforestación (Arnold y otros, 1996). La erosión del suelo se ha expandido ampliamente, imponiendo uno de los problemas más serios a nivel ambiental alrededor del mundo (Pimentel y otros, 1998).

Son variadas las razones por las cuales se produce la erosión. Depende sobre todo de las características del suelo, del uso que se le da en esos momentos, del régimen de lluvia, de la presencia de las ondas sísmicas, entre otras. Las consecuencias negativas, se presentan sin la menor duda. Es así como en un momento determinado los campesinos llegan a la triste certidumbre de que el terreno que cultivan no es rentable y se ha empobrecido. Los cambios que provoca la erosión son crónicos e irreversibles: suelos perdidos, productividad reducida en fincas y plantaciones, inundaciones, puertos, reservorios, canales y sistemas de irrigación sedimentados.

Indudablemente que la existencia de un buen manto vegetal ayuda a neutralizar la acción de los agentes erosivos. Se logra una reducción de la energía de las gotas de agua en las partes altas de las plantas, disminuyendo su impacto. Con la captación de una parte de la lluvia, también hay una disminución en la velocidad del escurrimiento por la superficie al aumentar la escabrosidad del terreno. Los bosques no degradados ayudan en la lucha contra la erosión por la absorción de grandes volúmenes de agua; al tiempo que ayudan al sostenimiento del terreno por la acción de sus raíces. La erosión potencial de suelos se acelera ante la ausencia de una cobertura vegetal protectiva porque los suelos se hacen muy vulnerables de ser arrastrados por el viento y el agua (Manyatsi, 1998). Adicionalmente, el exceso o sobre-cultivación de ciertas áreas y la compactación, causan daños en el suelo que se reflejan en la pérdida de su estructura y cohesión, y con lo cual se hace mas fácilmente erosionable.

La pérdida de esta cobertura vegetal está especialmente extendida en los países en desarrollo debido al alto crecimiento poblacional, que induce a la mayor ocupación de tierras, y a las prácticas agrícolas inadecuadas implementadas por los productores (Pimentel y otros, 1998). Los bosques son importantes en términos de la conservación del suelo porque ayudan a mantener la estabilidad del mismo y la calidad del agua. En general, la conversión de los bosques implica usos de la tierra que interfieren y afectan negativamente tanto al suelo como a los procesos hidrológicos que se dan en esas zonas (Pattanayak, 1999). Los bosques minimizan la erosión del suelo, aumentan la calidad del

suelo, y disminuyen o restringen los movimientos de tierra superficiales. En áreas donde se encuentran cuencas con tierras boscosas y no-boscosas, los suelos serán conservados no solamente en la tierra que está directamente bajo la protección de los árboles, sino también aquellas tierras que están ubicadas 'aguas abajo' de los bosques. Por lo tanto, actividades en tierras adyacentes a tierras 'aguas abajo' que son negativamente impactadas por la erosión del suelo, recibirán los beneficios adicionales de la protección forestal.

Aunque la mayoría de los estudios relativos a la erosión del suelo se enfocan en los aspectos físicos, muchas de las causas de la erosión son socioeconómicas. Entre algunos de los factores más importantes se pueden mencionar (1) la falta de conciencia de la envergadura del problema; (2) acceso abierto o libre a tierras erosivas; (3) recursos insuficientes para llevar a cabo prácticas conservacionistas; (4) inadecuada o deficiente asistencia técnica; (5) el uso de prácticas agrícolas que deterioran el medio ambiente; y (6) la no-cuantificación de los beneficios generados por la conservación de los bosques (Veihe, 2000). El presente estudio se enfoca en este último factor. Hay que recalcar que aun cuando son muchos los beneficios provenientes de los bosques, en este estudio el enfoque radica solamente en la conservación del suelo en ecosistemas boscosos para agricultores en áreas 'aguas abajo'.

Bienes complementarios débiles: Las bases conceptuales para valuación del ecosistema

El concepto de complementariedad débil[4] entre los servicios provenientes del ecosistema y otros insumos productivos, provee las bases teóricas para este estudio. Huang y Smith (1998), mostraron que asumiendo complementariedad débil, la demanda de insumos puede ser utilizada para medir los cambios en los excedentes del productor inducidos por cambios en los insumos ambientales que se encuentran dentro del proceso o actividad de producción. Estos autores, extienden la literatura que ha utilizado estas ideas de complementariedad débil para medir cambios en el excedente del consumidor.

En el presente estudio se afirma que la conservación del suelo, producto de la existencia de bosques aledaños o adyacentes, es un insumo exógeno dentro de las actividades de producción agrícola. Esto quiere decir, que la conservación del suelo es un bien complementario débil con respecto al trabajo agrícola porque pueden contener las dos condiciones necesarias para que la complementariedad débil pueda darse. Estas condiciones son, en primer lugar, es posible que la demanda de trabajo sea no-esencial, lo que implica que la demanda de trabajo a un precio de cierre[5], w*, pueda ser cero. En segundo lugar, a este nivel de precios w*, la productividad marginal de la conservación

[4] Existen dos condiciones fundamentales para que la complementariedad débil tenga lugar. En primer lugar, la demanda de uno de los bienes debe ser no-esencial. En este sentido, existirá un nivel de precios para ese bien tan elevado (precio de cierre) que hace que la cantidad demandada sea cero. En segundo lugar, al nivel del precio de cierre la utilidad marginal o el precio marginal del otro bien será cero.
[5] Precio de cierre, generalmente referido como 'choke price'.

del suelo también puede ser cero. Esto implica, que el cambio en el nivel de conservación del suelo no tiene significación alguna en el beneficio a menos que el salario sea suficientemente bajo para hacer que la demanda laboral sea positiva. La condición de que la conservación del suelo sea valiosa, en la medida en que ésta contribuya a la producción agrícola, está basada en el hecho de que este estudio solamente considera y valora la conservación del suelo como un insumo para la producción agrícola.

Huang y Smith (1998), sugieren que enfocándose en la función de demanda del bien complementario débil (en este estudio, nos referimos al trabajo agrícola), los investigadores pueden disminuir sustancialmente la necesidad de data para las valuaciones y de igual modo, se puede evitar la necesidad de tener que estimar las funciones de beneficio total. En conclusión, este estudio presenta una contribución a la escasa literatura referente a estimaciones de beneficios de los bosques o zonas forestales, en el contexto de los países en desarrollo, mediante implementación practica de la propuesta de Huang y Smith concerniente a la demanda para bienes complementarios débiles con respecto a recursos naturales.

Descripción del área de estudio y datos

El caso que se describe en este estudio está basado en el Parque Nacional Ruteng, localizado al oeste de la Isla de Flores en Indonesia. Ver FIGURA 1. Este parque comprende una extensión de 32.000 hectáreas de áreas protegidas. Los suelos en las adyacencias del Parque son considerados relativamente fértiles. El Parque Ruteng es la fuente de muchos ríos y contiene un total de 37 cuencas. El clima y las condiciones biológicas generales de esta zona, permiten la existencia de bosques sub-tropicales[6]. Este Parque fue establecido por el Gobierno de Indonesia en el año de 1993 con la finalidad de proteger el área contra la deforestación e iniciar un proceso de reforestación y conservación de las tierras. Como se indicó anteriormente, la conservación del suelo, en tierras cultivables adyacentes a zonas protegidas o conservadas, es uno de los muchos beneficios que se hacen presentes en este parque (Priyanto, 1996; Pattanayak, 1997).

Para las estimaciones realizadas en este estudio, se utilizaron dos tipos de datos. En primer lugar, se utilizaron datos provenientes de encuesta de hogares[7], de una muestra de 495 hogares o unidades de producción agrícola. Estas encuestas permiten obtener información sobre la demanda de trabajo para la producción de café y arroz, los dos principales productos en esta zona. Los hogares encuestados están situados en las inmediaciones del Parque Nacional

[6] Bosques lluviosos y bosques estacionales
[7] Tomada de un informe de hogares elaborado para el Gobierno de Indonesia por R. Kramer en 1996

Ruteng. Estos datos de hogares permiten caracterizar las actividades de producción agrícola en esta zona. El trabajo agrícola es un insumo no-esencial para el ingreso de las familias, ya que existen otras fuentes de ingresos diferentes a la actividad agrícola. La condición de que la conservación del suelo es valiosa en la medida en que contribuye a la producción agrícola está basado en el hecho de que solo se ha considerado la conservación del suelo como un insumo para la actividad agrícola.

En segundo lugar, se utiliza un modelo bio-físico[8], relacionando lo relativo a la capa vegetal del suelo y los procesos hidrológicos. Este modelo suministra la data relativa a la erosión del suelo y las condiciones del agua. En este modelo, todo lo relativo a suelos está basado en el método USLE[9] y fue adaptado para las condiciones particulares de la Isla de Flores en Indonesia. Diferentes niveles de la capa vegetal son correlacionados con diferentes niveles de erosión del suelo en las 37 cuencas que componen el Parque Nacional Ruteng. Esto implica que los datos de suelos existen con suficiente variabilidad estadística. Con relación a los datos socioeconómicos, éstos fueron combinados originalmente con los datos de suelos a través de la utilización de mapas de suelos y de las áreas en las cuales se tomaron las encuestas de

[8] Este estudio considera el modelo presentado por Priyanto 1996 para el Gobierno de Indonesia.
[9] Universal Soil Loss Equation (USLE). Esta ecuación provee técnicas para evaluar numéricamente los efectos del clima, propiedades del suelo, topografía, nivel de productividad de los cultivos, entre otras variables que afectan la erosión del suelo.

hogares[10]. La estrategia particular en el presente estudio es la de remover la correlación estadística entre la erosión del suelo y la demanda de trabajo.

[10] Estas bases de datos están siendo utilizadas en la tesis doctoral por la autora de este trabajo.

FIGURA 1.

PARQUE NACIONAL RUTENG

El modelo empírico

Los beneficios de la conservación del suelo son medidos primero, modelando la demanda de trabajo agrícola como una función de (1) los precios de los dos principales productos agrícolas de la región (café y arroz), (2) precio del insumo productivo (salario), y (3) insumos fijos, incluyendo condición del suelo (nivel de erosión), índice de irrigación, disponibilidad y condición del agua, y tamaño de la granja. Las condiciones del suelo y del agua son influenciadas por las condiciones predominantes en bosques dentro del Parque Nacional Ruteng (Priyanto, 1996).

Resumen de las variables utilizadas para la estimación del modelo se presenta en la TABLA 1. Adicionalmente, se incluye los valores promedio y los signos esperados de las variables, en la correlación con respecto a la demanda de trabajo.

BIBLIOTECA

TABLA 1. VARIABLES UTILIZADAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FUNCION DE DEMANDA DE TRABAJO

Variables	Promedio	Correlación Esperada
Trabajo (días)	112.0	
Precio del trabajo (diario)	5.4	(-)
Precio del café	10.6	(+)
Precio del arroz	1.0	(+)
Granja (Tamaño de la granja)	1.2	(+)
Condición del suelo (Erosión)	5.1	(-)
Agua (Condición del agua)	1.0	(+)
Índice de irrigación	0.2	(+)
Tamaño de la muestra	494 hogares	

Debido a que la forma funcional particular de la demanda de trabajo es desconocida, se presentan dos ecuaciones en las cuales se basan las estimaciones realizadas. Se ha decidido utilizar una función lineal y una función de la forma log-lineal. La selección de estas formas funcionales estuvo basada en la aplicabilidad y la sencillez metodológica de ambas funciones para el tipo de datos que se están considerando en este estudio. La TABLA 2 que se presenta a continuación contiene la estructura de ambas funciones.

TABLA 2. MODELO EMPIRICO: DOS FORMAS FUNCIONALES PARA ESTIMAR LA DEMANDA DE TRABAJO

Forma funcional:

(1) Lineal	$L = \alpha + \beta P + \gamma Z$
(2) Log-lineal	$\ln(L) = \alpha + \beta P + \gamma Z$

- Donde:
  - P: precio del trabajo, café y arroz
  - Z: tamaño de la granja, índice de irrigación, condición del suelo y disponibilidad del agua

Los resultados de las estimaciones son presentados en la TABLA 3. Ambos modelos permiten obtener resultados adecuados para el tipo de datos que se están utilizando (datos cruzados por secciones), de igual modo, los coeficientes estimados presentan los signos esperados como se indicó en la TABLA 1. Los coeficientes del modelo lineal son presentados en la columna 1 y los del modelo log-lineal se reflejan en la columna 3 (TABLA 3). Las estimaciones fueron realizadas mediante el software estadístico SAS. Los valores de las probabilidades correspondientes son presentados en las columnas 2 y 4. En ambos casos, el precio del trabajo (salario) presenta signo negativo y es estadísticamente significativo, lo que soporta el principio básico de la pendiente negativa de la función de demanda. Adicionalmente, los coeficientes del precio del arroz y del café son positivos y estadísticamente significativos, lo cual es consistente con la lógica económica de que incrementos en el retorno de mercado inducen incrementos en la demanda de trabajo. Por

otra parte, como era de esperarse, la demanda de trabajo presenta una correlación positiva con respecto a todos los insumos fijos –tamaño de la granja, índice de irrigación, y disponibilidad de agua.

El resultado fundamental para este análisis lo constituye el coeficiente de la erosión del suelo, el cual es negativo y estadísticamente significativo. Esto sugiere que mayores niveles de erosión disminuirían la demanda de trabajo y disminuirían el beneficio económico de estas unidades de producción agrícola, debido a la disminución en la ganancia de los productores.

TABLA 3. FUNCION DE DEMANDA DE TRABAJO ESTIMADA (Mínimos Cuadrados Robustos)

Variable independiente	Modelo Lineal		Modelo log-lineal	
	Coeficiente	p-value	Coeficiente	p-value
Precio del trabajo	-13.8	0.000	-0.147	0.000
Precio del café	2.6	0.096	0.049	0.026
Precio del arroz	49.0	0.000	0.382	0.015
Granja	20.3	0.000	0.289	0.000
Condición del suelo (Erosión)	-6.8	0.000	-0.091	0.000
Agua (disponibilidad)	159.8	0.000	2.560	0.000
Índice de irrigación	48.4	0.007	0.963	0.007
Constante	-51.6	0.235	1.444	0.017
R^2-Ajustado	0.15		0.13	
Tamaño de la muestra	494		494	

Estimación de los beneficios económicos de la conservación del suelo

Como se describió anteriormente, los incrementos en la conservación del suelo pueden ser valorados mediante la estimación en el cambio en el área bajo la curva de demanda que es inducido por las variaciones en el nivel de erosión del suelo. Como lo indican los modelos utilizados en este estudio, una disminución en el nivel de erosión del suelo incrementará la demanda de trabajo agrícola. En este contexto, se han considerado tres valores hipotéticos de conservación del suelo -10, 20 y 30 por ciento de reducción en el nivel de erosión del suelo. Ver TABLA 4. Puede observarse que el rango de beneficio obtenido por los hogares agrícolas oscila entre 22 y 90 dólares al año. Si comparamos estos valores con el beneficio promedio anual de estas pequeñas unidades de producción, el cual asciende aproximadamente a 350 dólares, se concluye que el beneficio generado como efecto de la conservación del suelo es realmente importante. Las pequeñas diferencias en los valores estimados en las columnas 2 y 3 de la TABLA 4 evidencian que estos resultados no son muy sensibles a la selección de la forma funcional de la demanda de trabajo utilizada.

En este momento no se tienen los datos suficientes para conducir un estudio más preciso de simulación de políticas de los beneficios económicos que se pueden generar como resultado de mejoras en la conservación forestal. Los porcentajes utilizados en la reducción de erosión del suelo (10, 20 y 30%) no

están directamente relacionados con incrementos en la conservación forestal. Como una extensión del presente estudio, se pretende realizar una revisión de reportes y estudios hidrológicos para establecer dicha relación y poder conducir este tipo de simulación.

TABLA 4. VALORES DE CONTROL DE EROSION DEL SUELO (Beneficio anual para un pequeño agricultor tipo)

Conservación del suelo	Modelo Lineal	Modelo log-lineal
Valor de 10%	29	22
Valor de 20%	59	45
Valor de 30%	90	70
Fórmula para la estimación del beneficio	$\frac{Lh_0^2 - Lh_1^2}{2\beta}$	$\frac{Lh_0 - Lh_1}{\beta}$

Lh_0 es el valor base estimado de demanda de trabajo evaluado al nivel de salario promedio, Lh_1 es el valor estimado de demanda de trabajo evaluado al nivel de salario promedio con conservación del suelo, y β es el coeficiente de la regresión para el precio del trabajo (salario).

Conclusiones

La protección forestal puede mitigar la tasa natural de erosión del suelo en tierras adyacentes y por lo tanto, proveer beneficios importantes para las comunidades agrícolas que consideran el suelo como un insumo dentro de la producción agrícola. Este estudio aplica métodos micro-econométricos a dos tipos de datos, bio-físicos y socioeconómicos, e ilustra una estrategia para

estimar la valoración económica para hogares de producción agrícola, como consecuencia de ecosistemas forestales conservados en el Parque Nacional Ruteng en la Isla de Flores en Indonesia.

Específicamente, se ha implementado la metodología propuesta por Huang y Smith (1998) para analizar la demanda de bienes complementarios débiles a recursos no-transables tales como conservación de suelos, con la finalidad de estimar su valor económico. El modelo econométrico utilizado contiene las propiedades teóricas esperadas y muestra que los recursos del suelo son complementarios a la demanda de trabajo para la producción de café y arroz. Basado en los coeficientes estimados del modelo, se concluye que entre 10 y 30 por ciento de disminución en el nivel de erosión del suelo puede inducir un aumento del beneficio entre 8 y 15 por ciento.

Este estudio sugiere que las políticas orientadas a proteger las cuencas en bosques tropicales pueden, potencialmente, proveer beneficios altamente significativos para las poblaciones locales. El análisis que se ha presentado genera estimaciones conservadoras en cuanto a los beneficios producto de la protección forestal, ésto debido a que solamente se ha considerado uno de los muchos servicios o beneficios ambientales generados por los bosques y los recursos forestales. Reconociendo el pequeño alcance de los resultados presentados en este estudio, se puede concluir que la protección de los bosques tropicales es una manera directa de alcanzar dos metas paralelas, como son la

conservación ecológica de tierras con grandes riquezas ambientales y el impulso al desarrollo de economías menos privilegiadas. Consecuentemente, los responsables de las propuestas y decisiones de políticas ambientales, deberían orientar una mayor cantidad de recursos para preservar y recuperar los recursos forestales, y de este modo, revertir las tasas de deforestación en bosques tropicales.

Como extensiones a este trabajo se plantea la posibilidad de generar simulaciones de políticas ambientales o conservacionistas más precisas en esta misma región (Parque Nacional Ruteng), así como también evaluar la posibilidad de elaborar un estudio similar aplicado a Venezuela, para lo cual, en este momento, se están contactando posibles fuentes de información.

Referencias

Arnold, J.B., G. Wall, N. Moore, C.S. Baldwin, I.J. Shelton, 1996. Soil Erosion – Causes and Effects. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Canada.

Ellies, A. ,2000. Soil erosion and its control in Chile. *Acta Geológica Hispanica.* Vol.35, No.3-4, p. 279-284

Freeman III, A M., 1993. *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods.* Resources for the Future

Huang, J. and V. K. Smith, 1998. Weak complementarity and production. *Economics Letters* 60, p. 329-333.

Mäler, K., 1974. Environmental Economics: A Theoretical Inquiry. Johns Hopkins for Resources for the Future, Baltimore.

Mäler, K., I. Gren, and C. Folke, 1994. Multiple Use of Environmental Resources: A Household Production Approach to Valuing Natural Capital. In A. Jansson, M. Hammer, C. Folke, and R. Costanza (eds.) *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability.* Island Press. p. 233 - 249.

Manyatsi, A., 1998. Soil Erosion and Control Training Manual. Faculty of Agriculture, University of Swaziland, Luyengo, Swaziland.

Pattanayak, S., 1997. Pricing Ecological Services Provided by Protected Watersheds: Microeconometric Applications in Agrarian Communities of Indonesia and the Philippines. Unpublished Ph.D. Thesis. Duke University, Durham, NC.

Panayotou, T. 1994. The Economics of Environmental Degradation: Problems, Causes and Responses. In *Environmental Economics: A Reader*, eds. A. Markandya and J. Richardson. New York: St. Martin's Press.

Pimentel, D., and N. Kounang, 1998. Ecology of Soil Erosion in Ecosystems. *Ecosystems* 1, p. 416-426.

Priyanto, A., 1996. Hydrology Specialist Report on Ruteng. Directorate General of Forest Protection and Natural Conservation. Ministry of Forestry. Jakarta, Indonesia.

Veihe, A., 2000. Sustainable Farming Practices: Ghanaian Farmers' Perception of Erosion and Their Use of Conservation Measures. *Environmental Management*. Vol. 25, No.4, p. 393-402.