

# Recursos Naturales en la Agricultura\*

Recibido para evaluación: 02 de Mayo de 2003  
Aceptación: 20 de Junio de 2003  
Recibido versión final: 29 de Septiembre de 2003

Diana Alejandra Tovar B.<sup>1</sup>  
Ricardo Zorro Z.<sup>2</sup>

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo identificar la relación existente entre degradación de los recursos naturales y la productividad en la agricultura colombiana, es decir, lograr una forma de cuantificar la influencia de la mala utilización de los recursos agua y suelo en el sector agrícola colombiano, con el fin de propender hacia el desarrollo de un sector agrícola sostenible. Para alcanzar este objetivo se plantea un ejercicio empírico donde se construyen cuatro modelos econométricos con el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios basados en las estadísticas históricas para los años 1970-2000 en Colombia, de las variables: Erosión del suelo, Sedimentación de los ríos, utilización de Plaguicidas, Insecticidas, Fungicidas y Herbicidas, Productividad agrícola, y Rendimientos agrícolas. Como resultados de obtienen, que un aumento en el área erosionada así como en la sedimentación de los ríos lleva a una disminución de los rendimientos agrícolas (teniendo en cuenta que un aumento en los rendimientos agrícolas aumenta la productividad); así mismo, se evidencia que el aumento en el consumo de insecticidas y fungicidas hace que los rendimientos agrícolas a largo plazo disminuyan y que presenten una relación inversa con la productividad. Por último, se evidencia que la apertura es positivamente significativa, lo que implica que las reformas permitieron un aumento en la productividad total de los factores agrícolas y en los rendimientos. Se concluye entonces, que la degradación del suelo y de los ríos en Colombia afecta en el largo plazo los rendimientos y la productividad del sector agrícola, por esto un tratamiento adecuado de los recursos naturales, mejoraría el desarrollo del sector, en cuanto aumentaría el rendimiento, mientras se mantiene la curva de posibilidades de producción en el futuro al conservar los recursos.

**PALABRAS CLAVE:** Impacto Ambiental, Agricultura Sostenible, Recursos Naturales, Productividad y Agotamiento.

## ABSTRACT

The objective of this investigation, is identify the relation between the natural resources degradation, and the Colombian agricultural productivity. It means a way to quantify the influence of a bad utilization in the water and land resources in the agricultural sector, to guide the sector in to a sustainable development. This objective is to make by an empirical exercise where we built four econometrics models (ordinary minimis square) based in the Colombia's history statistic of the variables: land erosion, river sedimentation, plaguicides, Insecticides, Fungicides y Herbicides, agricols productivity and agricols yield.

The resolute of this exercise is that an increase in the erosion area also the river sedimentation gives a decrease in the agricultural productivity. The same situation happens when it use the consume of the insecticides and the fungicides, which in the long time shows an opposite relation with the yield and productivity. At last we have that the aperture of the ninety's, bring to good changes for the agricultural productivity. So that, it concludes that the rivers and lands degradation affect in the long time the agricol yield and productivity. The best use in the natural resources, can help to increase the agricultural development, because it can increase the yield while it maintain for the future the possibility curve of production when it conserve the resources.

**KEY WORDS:** Environmental Impact, Sustainable Agricultural, Natural Resources, Productivity and Exhaustion.

\*Artículo extractado de la investigación realizada como trabajo de grado.

1. Economista Universidad Externado de Colombia.  
artemisa24@hotmail.com  
2. Profesor Universidad Externado de Colombia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista económico, el garantizar la sostenibilidad de las economías en el tiempo hace necesario el análisis de los recursos naturales y el desarrollo sostenible, por cuanto hacen parte de las relaciones sociales, económicas y políticas de las naciones inmersas en este nuevo desafío que otorga un valor relevante al proceso de agotamiento y degradación de los recursos naturales.

Puntualmente en la agricultura, se observa que los métodos modernos de producción influyen de manera directa en el estado de los recursos naturales al acelerar la pérdida de capas de tierra a través de la erosión de grandes extensiones, y de la contaminación proveniente del uso de insumos químicos, desechos animales, fertilizantes y plaguicidas, entre otros.

Con el fin de mantener los niveles de producción en el largo plazo es necesario propender hacia un concepto de agricultura sostenible. Partiendo del concepto de desarrollo sostenible acuñado por el informe Bruntaland en 1970<sup>1</sup>, el objetivo de una agricultura sostenible está dado por la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, lo que implica un manejo exitoso de los recursos por parte del sector agrícola a fin de satisfacer las necesidades de la población mientras se mantiene o se mejora la calidad y la conservación de los recursos naturales y ambientales (Bejarano, 1998). Teniendo en cuenta que el stock existente de recursos naturales es una restricción para la asignación de los recursos, la sostenibilidad está, en que las curvas futuras de producción no sean afectadas en forma negativa como ocurre en la actualidad, es decir que los recursos se mantengan para garantizar la producción futura (Azqueta y Ferreira, 1994). El sector agrícola, presenta entonces, la necesidad de modernizarse mediante un esquema de equidad, competitividad y sostenibilidad, para lograr la inserción en el contexto global, la provisión de alimentos para el mercado interno, el fortalecimiento de los sistemas democráticos, y la sostenibilidad del capital natural.

En consecuencia, reconocer que la degradación e insostenibilidad del uso de los recursos naturales en las prácticas agrícolas colombianas afecta en forma negativa su productividad a largo plazo, es un factor fundamental para enfrentar el reto del desarrollo agrícola actual.

Para este propósito se propone un ejercicio empírico en el que se construye un modelo para observar y determinar la relación entre la degradación y agotamiento de los recursos naturales y la productividad del sector agrícola en Colombia, teniendo en cuenta la teoría económica en el tratamiento de los recursos naturales así como la trayectoria en Colombia del sector agrícola y su inserción en el desarrollo sostenible.

## 2. MATERIAL Y METODOS

El impacto de la degradación de los recursos naturales en el desarrollo económico ha sido medido en diferentes países bajo diferentes métodos; estudios económicos se han encargado de analizar la influencia de la pérdida de los suelos sobre la productividad, se han realizado análisis costo - beneficio de la degradación de la tierra, con el objetivo de mejorar las decisiones económicas de los agricultores al poner en evidencia las repercusiones del mal uso de los recursos que sustentan la producción. Se pretende entonces con esta investigación acercar el análisis a los procesos específicos en Colombia mediante cuatro modelos econométricos que evidencien dicha relación.

En la literatura económica, se han propuesto múltiples métodos para lograr medir el costo económico para la sociedad de la pérdida de los suelos (World Resources Institute And Tropical Science Center, 1991; Magrath y Arens, 1989; Fox y Dickson, 1988; Devarajan y Weiner, 1991)<sup>2</sup>, el más utilizado es aquel que se basa en el concepto de ingreso de Hicks, para definir el costo de la erosión del suelo como el valor presente del ingreso futuro perdido debido a la degradación del suelo, donde el costo está calculado con los precios sombra (el precio óptimo dado donde los recursos son usados eficientemente); siguiendo esta metodología, se encontró para Nicaragua (Alfsen, 1996) que la erosión de los suelos afecta de manera importante el desarrollo económico,

<sup>1</sup> Producto de los estudios realizados por la tercera conferencia de las Naciones Unidas sobre ambiente y desarrollo en 1987, precedida por las celebradas en New York (1949), y en Estocolmo (1972) [Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988)].

<sup>2</sup> K.H. Alfsen (1996)

ya que no solo influye en el sector agrícola sino que afecta la composición sectorial, incluso afecta la distribución, para concluir que el ambiente es importante para el crecimiento a largo plazo del país, y que las condiciones institucionales (como la forma de determinar los salarios) determinan que tan valorado está el ambiente y los recursos naturales en la economía.

El impacto de la degradación de la tierra en la producción agrícola y la ganancia de los programas de manejo de tierras, fue estimado para Australia (Walpole y Sinden, 1997), basados en un método que consistía en especificar una producción que relacionara los cambios en la calidad de la tierra con cambios en el producto, estimando el modelo empírico y luego calculando el costo de la degradación y los beneficios de la conservación para los resultados empíricos. Las conclusiones del estudio, muestran la influencia de la degradación en el valor de la producción agrícola y los coeficientes significativos negativos, indicaron, que aumentos en la degradación están asociados con descensos en la producción; se mostró también, que los factores biológicos como la erosión si influyen en las decisiones del manejo de las tierras y que por lo tanto, deben tenerse presentes en el desarrollo de la agricultura en Australia.

Entre otros estudios que usan combinación de métodos para llegar a que la productividad disminuye con la degradación de la tierra, se encuentra el realizado para South Africa por McKenzie (1994), (Bojö, 1996), quien a falta de muchos de los datos necesarios para identificar la degradación de la tierra, reunió un grupo de expertos en áreas relevantes del país para obtener sus estimaciones, obteniendo un gran grupo de los procesos de degradación de la tierra, necesarios para demostrar el impacto negativo sobre la producción agrícola.

Según Luis Amando Galvis Aponte en un estudio realizado para el censo de investigaciones económicas del Caribe colombiano, (Galvis, 1997) demostró que las condiciones geográficas de un país o región inciden sobre su desempeño económico a través de la productividad agrícola y la salud de la población; la conclusión a la cual llega después de realizar un modelo económico de corte transversal aplicado a los departamentos de Colombia, es que para 1997 más del 80% de la variabilidad de los niveles de productividad agrícola se explica por la calidad de la tierra y por los factores climáticos, demostrando así la importancia de los recursos naturales para el buen desempeño agrícola.

## 2.1. Definición de variables<sup>3</sup>

El sector agrícola colombiano y las variables ambientales, presentan una relación a través de los años, que se traduce en degradación del suelo y el agua, sin embargo no existe una cuantificación del impacto que la contaminación implica para el desarrollo del sector. Es en este sentido, que se presentan a continuación los modelos que explican la relación de productividad y degradación en Colombia. Se toman como variables la erosión, el área cosechada, la sedimentación de los ríos, el rendimiento, los plaguicidas, la apertura y la productividad total factorial.

### ***Erosión (AE, hectáreas erosionadas):***

En Colombia, no se tiene una medida exacta del volumen de suelos que se pierde por año debido al conjunto de actividades agropecuarias, ya que las estimaciones existentes han sido realizadas entre periodos muy extensos, cerca de diez años entre ellos, así como por entidades que difieren entre sí en la información suministrada. Para efecto del modelo a desarrollar se estimó una serie de erosión de suelos desde 1970-2000, a partir de la información decenal de la magnitud de la erosión en Colombia (Ideam, 2001), y sobre el total de área cosechada en el periodo citado (DNP, 2000). Dada la diferencia entre las variables tomadas a través de los años se tomó como dato el total de procesos de degradación del suelo sin tener en cuenta la intensidad, donde a través de las décadas se observa una considerable disminución. La mayor degradación se presenta en la década de los setenta debido a la adopción del modelo "revolución verde" impulsado en el mundo para el aumento de los rendimientos, el cual incrementaba el uso intensivo de maquinaria, plaguicidas y fertilizantes, factores que aceleran la degradación de los suelos.

### ***Superficie cosechada (SF, Hectáreas):***

Esta variable se tomó tanto para el área cosechada de los cultivos transitorios, como de los

<sup>3</sup> En el anexo 1 se encuentran los datos de las variables utilizadas



cultivos permanentes y es de gran importancia para este estudio por la incidencia que tiene sobre los recursos naturales. La superficie que se cosecha sin el debido cuidado de los suelos deteriora su calidad, y su aumento a grandes dimensiones afecta la regeneración de este recurso hasta que se vuelva insostenible.

El área cosechada ha aumentado a lo largo de las tres décadas, aunque se han presentado tasas de crecimiento negativas en algunos años. En la década del setenta la superficie cosechada tiene un crecimiento positivo que se explica en su mayoría por el comportamiento de los cultivos transitorios cuya participación fue de 58.1% en el área total. El máximo pico se presentó en 1978 con una tasa de 8.86%, aunque en el 79 baja a 3.14%.

En la década del ochenta hay una significativa expansión del área sembrada que ocasionó el crecimiento del sector agrícola. Esta expansión se da principalmente en el segundo quinquenio de la década con tasas de crecimiento positivas que se atribuyen a la adopción de la política proteccionista en este período.

Por último en los noventa los cultivos permanentes tienen una fuerte participación dentro de la agricultura y el área sembrada es en su mayoría para estos. Sin embargo, se observa una contracción de la superficie cosechada en un 18% entre 1990 y 1997 debido a la disminución que sufrieron los cultivos transitorios con la apertura. Solo a finales de la década entre 1999 y el año 2000 se ve una recuperación del área cultivada en 81500 hectáreas gracias al Programa de Oferta Agropecuaria PROAGRO (DNP, DANE; 2000).

#### ***Sedimentación de los ríos (R, kilotonelada por año):***

La contaminación hídrica es uno de los problemas ambientales de mayor gravedad para la sociedad, ya que puede afectar los sistemas biológicos naturales, y al hombre en sus diferentes usos. La variable utilizada para cuantificar este hecho es la sedimentación de los ríos definida como la variación de la cantidad de sedimento, expresada en peso total, que pasa a través de una sección en un tiempo determinado. La variación anual del transporte de sedimento representa la cantidad total de sedimentos que llega al cauce en un punto dado y es transportado por la corriente, como resultado de los procesos de erosión y sedimentación que se dan en una cuenca hidrográfica.

El transporte de sedimento en suspensión está ligado a las características hidrológicas de la cuenca tales como: la litología, los suelos, las pendientes, la vegetación, la precipitación, la escorrentía y la retención de los sedimentos por los embalses, entre otras. La evaluación de este geoindicador es fundamental para conocer la producción de sedimentos en las cuencas y a su vez establecer los grados y estados de degradación de las mismas; esta información es necesaria para el diseño, la operación y el seguimiento de obras de infraestructura y para la elaboración de planes de manejo en cuencas hidrográficas que buscan el uso sostenible de los recursos hídricos (Ideam, 2000). Se tomó la sedimentación de los ríos Magdalena (M), Sinú (S), Cauca (CA), San Jorge (J) y el total de las fuentes (R) a partir de la información de las diferentes estaciones proporcionadas por el IDEAM.

#### ***Apertura (AP):***

Teniendo en cuenta las medidas adoptadas desde 1990 en Colombia en el marco de la apertura económica, se incluyó una variable dummy que intenta recoger la influencia del cambio en las políticas, (cero para antes de la apertura y uno para después), sobre el rendimiento del sector. Se espera que esta relación sea positiva ya que debe tenerse en cuenta que las ayudas económicas al sector agrario introducen distorsiones en el mercado y no permiten que los precios reflejen los costos reales. Por cuanto esto genera un incremento de la demanda tanto del capital natural como de elementos (como los fertilizantes) dañinos para el medio ambiente ya que los precios no muestran el costo marginal social. Además, la intervención estatal incrementa esta demanda, al fijar un precio por debajo del que regiría si el mercado fijara precios con base en los costos marginales privados. Esto se da por que cuando los costos asociados al uso del capital natural que incluyen entre otros costo de oportunidad y de depreciación, no se incluyen en la estructura de precios de los bienes, se da una transferencia del capital natural hacia quienes lo producen y los consumen, entrando a subsidiar la producción y el consumo de esos bienes la sociedad y las generaciones futuras en general.

**Rendimientos del sector (RF, kilogramo/hectárea):**

Se tomó como variable dependiente los rendimientos de los cultivos permanentes y transitorios del sector agrícola para 1970-2000, a partir de la información del anuario estadístico del sector (DNP, 2000). Esta variable indica el desempeño del sector a través de los años. Se presenta una tendencia creciente positiva a través de las décadas, donde a principios de la década de los ochenta se hace mas fuerte alcanzando crecimiento promedio de 8%, contrario a ocurrido en la década de los setenta donde se presentan caídas del 7.5%. A partir de 1990 los rendimientos muestran un salto del 85%, crecimiento que obedece mas a cambios en la forma de llevar estadísticas, que ha cambios reales, ya que se incluyen cultivos que anteriormente no se tenían en cuenta, tanto en la producción como en el área cosechada.

El comportamiento en los noventa refleja la situación de la economía en general, ya que para 1995 se presenta una caída en los rendimientos del sector comportamiento generalizado en los demás sectores económicos, así como la leve recuperación en 1999.

**Productividad total de los factores (PTF):**

La medida de la productividad total de los factores se basa en la teoría económica de la producción, al ser la productividad una relación de producto a insumos la PTF se define como la parte del crecimiento económico que no esta explicada por la acumulación de los factores. De esta manera se parte de una función de producción en la que los factores se combinan bajo rendimientos constantes a escala, y una vez estimadas las contribuciones de los insumos capital y empleo, se tiene la productividad del sector como la diferencia entre la contribución del crecimiento de los factores y el crecimiento del valor agregado.

Se observa que la PTF (Chica, 1996) agrícola presenta una tendencia creciente a través de los años analizados, sin embargo se presenta un descensalamiento entre 1980 y 1985 para luego crecer hasta 1992 cuando evidencia una caída del 1%, con un mejoramiento al final de la década. Es importante analizar la influencia de la degradación sobre esta variable ya que es la que más contribuye al crecimiento del PIB en el periodo analizado.

**Agroquímicos (PL, toneladas):**

El sector agrícola utiliza agroquímicos para combatir plagas y proporcionar elementos adicionales en la nutrición del suelo, estos se clasifican en plaguicidas y fertilizantes que son productos complejos de síntesis química. Con relación a los fertilizantes la información que se tiene no permite incluir una serie de tiempo, sin embargo lo que se puede indicar es que la tendencia en Colombia es que se esta reduciendo el uso de fertilizantes de síntesis, indicando un resultado positivo a largo plazo para los recursos naturales.

Los plaguicidas se dividen a su vez en fungicidas, para las enfermedades producidas por hongos, bactericidas, insecticidas y herbicidas, sustancias dirigidas a controlar la maleza. Su uso en la agricultura tiene efectos positivos en el incremento de la producción, pero genera problemas ecológicos y socioeconómicos, que en el largo plazo afecta la productividad del sector. Se tomó la información sobre insecticidas (I), herbicidas (H) y fungicidas (F) y el total de plaguicidas (PL), para el periodo analizado, como representación de los agroquímicos utilizados en la agricultura colombiana (León y Rodríguez, 2001).

El comportamiento de la venta de plaguicidas en Colombia presenta dos picos de máximo consumo, el primero se da en 1977 como evidencia de las elevadas ventas de insecticidas en este periodo debido posiblemente a la aparición de insectos plaga y enfermedades que atacaron cultivos como el algodón, y el segundo en 1987 como muestra del aumento en la utilización de fungicidas en el café debido a la aparición de la roya (León y Rodríguez, 2001). El descenso que muestran los insecticidas se ha debido en parte a las resoluciones que ha sacado el ICA prohibiendo el uso de componentes que tienen ciertos insecticidas (especialmente agrícolas) por el daño que ha ocasionado a plantas, animales y al mismo ser humano.

La utilización que Colombia hace de los plaguicidas es elevada, si se compara con zonas de alta demanda en otros países, ya que en Colombia se presenta un promedio de 9.8 kilogramos por

hectárea frente al 6.8% en Estados Unidos, situación que describe la fuerte presión ejercida sobre los recursos naturales en la agricultura colombiana. Estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente<sup>4</sup> indican que los cultivos de mayor demanda de plaguicidas en el año de 1996, se encuentran: arroz con 21%, papa con 19%, pastos con 14%, banano con 7%, caña de azúcar 6%, café 5%, hortalizas 5%, algodón 4%, flores 4%, maíz 4%, tomate 3% y frutales 3%. En cuanto al consumo de fungicidas éste ocupa el segundo lugar, siendo los cultivos que más lo utilizan para el control de enfermedades, la papa, el arroz, el banano, las hortalizas, el tomate, las flores y los frutales; en el tercer lugar se encuentra el consumo de insecticidas utilizados para el control de plagas en los cultivos de papa, café y algodón principalmente.

El uso de Herbicidas en la agricultura colombiana ha presentado una tendencia creciente en las décadas analizadas, esto se debe a la necesidad de controlar malezas en productos como arroz, maíz, café y banano. Debe tenerse en cuenta que las cifras analizadas se refieren a agricultura lícita, ya que los cultivos ilícitos soportan otra gran cantidad de plaguicidas para su erradicación, lo que se traduce en una carga 18 veces superior al impacto de la agricultura comercial.

El uso de pesticidas también puede transformar negativamente el régimen biológico, en Colombia los mas usados son los insecticidas donde el componente organoclorados del tipo DDT de un grupo de tres, no es biodegradable, los fungicidas a su vez por su composición de metales pesados pueden acumularse en suelo y plantas, con efectos variables sobre otros organismos. La aplicación recurrente de pesticidas conduce al empobrecimiento biótico de los suelos por tiempo indefinido, además de acarrear costos crecientes al necesitarse en forma permanente y en mayores cantidades. En Colombia, han existido incentivos y desincentivos que facilitan el uso de tecnologías ambientalmente sostenibles; así en la década de los sesenta, la investigación estuvo guiada por la consecución de altos rendimientos para hacer frente a la seguridad alimentaria, olvidando las implicaciones ambientales del uso de variedades de porte bajo, altas aplicaciones y consumos agroquímicos y energéticos, con frecuentes aplicaciones de pesticidas, altos niveles de mecanización y altas dosis de fertilizantes, que llevaron a degradación de recursos edáficos, hídricos y forestales (Misión, 1990).

Aunque no hay registros continuos que evidencien tal resultado en Colombia, estudios locales nacionales e internacionales muestran el daño que causa el uso de plaguicidas sintéticos. En Norte de Santander y en el Meta siguiendo a Benavides (1997) se evidencia resistencia de insectos a los plaguicidas utilizados, y en los cultivos de papa del país según el ICA, se comprueba el uso inadecuado de agroquímicos, en el elevado número de aplicaciones, dosificaciones por encima de las recomendaciones técnicas, empleo de mezclas de productos y descuido en la aplicación y almacenamiento (León y Rodríguez 2001).

En el caso del suelo, el uso de pesticidas se generalizó mundialmente a partir de la revolución verde, con dos tipos de problemas: daños en la salud de quienes los aplican y de quienes consumen alimentos contaminados; y deterioro ambiental derivado de su empleo. Sin embargo el uso de pesticidas es subsidiado en los países en desarrollo. Muchos pesticidas fueron subsidiados para que los agricultores adoptaran tecnologías basadas en variedades de alto rendimiento. Los precios bajos de los pesticidas estimularon su uso excesivo y sesgaron la selección de una tecnología de control agroquímica.

## 2.2. Modelos econométricos<sup>5</sup>:

La estimación de todos los modelos escogidos para mostrar la relación productividad y agotamiento, se realiza con el programa econométrico E-Views, y bajo un modelo logarítmico que facilita tanto el análisis al trabajar elasticidades como a evitar la tendencia de las variables en la estimación por mínimos cuadrados ordinarios. Se realizaron las pruebas que validan los modelos como la causalidad de las variables en forma Bivariada mediante la prueba de Pairwise Granger Causality Tests, donde resultaron independientes en el tiempo todas las variables en cada modelo, las de raíz unitaria, la significancia de los modelos, las pruebas de ruido blanco (normalidad: Jarque Vera, homocedastidad: Bartlett's test y la independencia: prueba Fisher), para cada uno de ellos con el programa STATGRAPHICS y EViews. Las pruebas de ruido blanco se realizan para cada uno de los residuos donde se comprueba que los cuatro modelos cumplen con las condiciones de ruido blanco:

4. Programa Nacional de Producción Agropecuaria Ecológica (2001),

5. Las pruebas y los resultados completos se encuentran en el trabajo de grado TOVAR, MORALES [ 2002 ] en la Universidad Externado de Colombia.

<p><b>Modelo 1</b></p> <p>Jarque- Bera 0.467953</p> <p>Probabilidad 0.791381</p> <p>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:</p> <p>F-statistic 0.440100 Probability 0.650719</p> <p>Obs*R-squared 1.398607</p> <p>Probability 0.496931</p> <p>Variance Check</p> <p>Bartlett's test: 1.00996</p> <p>p-value = 0.598936</p>	<p><b>Modelo 3</b></p> <p>Jarque- Bera 0.819238</p> <p>Probabilidad 0.663903</p> <p>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:</p> <p>F-statistic 1.236068 Probability 0.309114</p> <p>Obs*R-squared 3.008630</p> <p>Probability 0.222169</p> <p>Variance Check</p> <p>Bartlett's test: 1.02027</p> <p>p-value = 0.454308</p>
<p><b>Modelo 2</b></p> <p>Jarque- Bera 2.552590</p> <p>Probabilidad 0.279069</p> <p>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:</p> <p>F-statistic 1.706310 Probability 0.208199</p> <p>Obs*R-squared 3.654319</p> <p>Probability 0.160870</p> <p>Variance Check</p> <p>Bartlett's test: 1.02116</p> <p>p-value = 0.444692</p>	<p><b>Modelo 4</b></p> <p>Jarque- Bera 0.482833</p> <p>Probabilidad 0.785514</p> <p>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:</p> <p>F-statistic 0.868763 Probability 0.432786</p> <p>Obs*R-squared 2.177393</p> <p>Probability 0.336655</p> <p>Variance Check</p> <p>Bartlett's test: 1.00002</p> <p>p-value = 0.983347</p>

### 2.2.1. Procesos Erosivos en los Rendimientos Agrícolas

Este primer modelo estimado, toma como variable dependiente los rendimientos del sector (RF), y por medio de la estimación de mínimos cuadrados ordinarios se obtiene la relación con las variables procesos erosivos (AE), área cosechada (SF), sedimentación de los ríos Magdalena (M), Cauca (CA), San Jorge (J), y Sinú (S), y la variable apertura (AP).

Variable	Coefficiente	Prob.
C	1.679870	0.5449
LOGAE	-0.756399	0.0000
LOGSF	1.389761	0.0000
LOGM	-0.333417	0.0018
LOGCA	-0.140572	0.0011
LOGJ	-0.088804	0.0054
LOGR	0.523810	0.0005
LOGS	-0.001493	0.9633
AP	0.441446	0.0000
AR(1)	0.341415	0.1657

R-squared	0.991929	Mean dependent var	12.06612
Adjusted R-squared	0.988297	S.D. dependent var	0.457991
S.E. of regression	0.049546	Akaike info criterion	-5.748524
Sum squared resid	0.049095	Schwartz criterion	-5.281459
Log likelihood	53.65971	F-statistic	273.1115
Durbin-Watson stat	1.812211	Prob(F-statistic)	0.000000
Inverted AR Roots	.34		

五、

Los resultados de la regresión confirman lo esperado, ya que indican que un incremento de 1 kilotonelada en el área erosionada lleva a una disminución de 0.75 unidades porcentuales de los rendimientos agrícolas, así como un aumento de una kilotonelada en la sedimentación de los ríos lleva a disminuir los rendimientos del sector según el río en 0.33 unidades porcentuales del Magdalena, 0.14 unidades porcentuales el Cauca, y 0.08 unidades porcentuales el San Jorge. La sedimentación del río Sinú no resultó significativo posiblemente debido a su menor tamaño e influencia para el sector agropecuario.

La variable apertura resultó significativa lo que indica que las reformas que se realizaron a partir de los noventa afectaron positivamente los rendimientos agrícolas, donde existe un 44% de aumento en ellos con apertura que sin ella. La variable área cosechada resultó igualmente significativa como se esperaba, donde un aumento en una hectárea en ella, conlleva a incrementar los rendimientos en un 1.38%.

### 2.2.2. Rendimientos Agrícolas en la Productividad:

El segundo modelo estimado, relaciona la estimación anterior que tiene en cuenta el impacto negativo de la degradación sobre los rendimientos (LOGRENES) con la productividad total de los factores (PTF).

Variable	Coefficiente	Prob.
C	-8.176314	0.0000
LOGRENES	3.490131	0.0000
AR(6)	-0.649555	0.0016

R-squared	0.862167	Mean dependent var	0.559351
Adjusted R-squared	0.849040	S.D. dependent var	0.114441
S.E. of regression	0.044465	Akaike info criterion	-6.109656
Sum squared resid	0.041519	Schwartz criterion	-5.962399
Log likelihood	42.26134	F-statistic	65.67899
Durbin-Watson stat	1.687640	Prob(F-statistic)	0.000000
Inverted AR Roots	.81 -.47i	.81+.47i	.00+.93i
	-.81 -.47i	-.81+.47i	-.00 -.93i

Como se esperaba la relación entre los rendimientos estimados es positiva lo que implica que un aumento en 1 kilogramo / hectárea en los rendimientos agrícolas aumenta en 3.49% la productividad, lo que significa que una disminución en los factores llevan a eliminar fuentes productivas, como lo son el fenómeno erosivo, la alteración del régimen hídrico, la del régimen biológico, la salinización y la alcalinización de los suelos, la compactación y la contaminación de las aguas, implicaría un aumento importante en la productividad, y dado el peso que tiene dentro del crecimiento del valor agregado, se generaría un mejoramiento del sector agropecuario.

### 2.2.3. Plaguicidas en los Rendimientos de la Agricultura:

Las variables herbicidas (H), plaguicidas (PL) e insecticidas (I) se analizaron por aparte con el fin de evitar correlación entre las variables. El siguiente modelo toma como variable independiente nuevamente los rendimientos del sector (RF) frente al uso de plaguicidas en Colombia.

Variable	Coefficient	Prob.
C	7.991768	0.0000
LOGI	-0.456153	0.0026
LOGH	0.300003	0.0118
LOGF	-0.313059	0.0952
LOGPL	0.804512	0.0436
AP	0.601907	0.0000



R-squared	0.983354	Mean dependent var	12.04303
Adjusted R-squared	0.980025	S.D. dependent var	0.468291
S.E. of regression	0.066185	Akaike info criterion	-5.258605
Sum squared resid	0.109513	Schwartz criterion	-4.981059
Log likelihood	43.52129	F-statistic	295.3718
Durbin-Watson stat	1.389042	Prob(F-statistic)	0.000000

Se presenta según los resultados de la estimación lo que se esperaba, ya que por un aumento en 1 tonelada en el consumo de insecticidas los rendimientos a largo plazo disminuyen un 0.45%. Por su parte los fungicidas significativos al 90%, muestran igualmente que un aumento en 1 tonelada en su uso se produce una disminución en un 0.31% a largo plazo en los rendimientos.

Los herbicidas también fueron significativos pero presentan una relación positiva con los rendimientos ya que por una tonelada se genera un aumento en 0.30% en los rendimientos posiblemente por la imperante necesidad de su utilización para el buen desempeño de los productos agrícolas.

#### 2.2.4. Plaguicidas en la Productividad:

Por último, se analiza el impacto de los plaguicidas en la productividad total de los factores.

Variable	Coefficient	Prob.
C	-2.939933	0.0000
LOGI	-0.033579	0.6406
LOGF	-0.004214	0.9646
LOGH	0.282298	0.0000
LOGPL	0.133332	0.5050
AP	0.100324	0.0000

R-squared	0.952795	Mean dependent var	0.504869
Adjusted R-squared	0.943354	S.D. dependent var	0.144839
S.E. of regression	0.034472	Akaike info criterion	-6.563223
Sum squared resid	0.029708	Schwartz criterion	-6.285677
Log likelihood	63.7428 6	F-statistic	100.9218
Durbin-Watson stat	1.453966	Prob(F-statistic)	0.000000

Los resultados obtenidos, no alcanzan a ser significativas dados los numerosos factores que influyen en la productividad, sin embargo cabe resaltar el hecho que los signos de los coeficientes de las variables insecticidas y fungicidas muestren una relación inversa con la productividad, lo que refuerza lo presentado en el modelo anterior y por tanto a largo plazo sería negativo un aumento en la utilización excesiva de fungicidas e insecticidas; contrario a lo que se confirma con respecto a los herbicidas pues estos fueron significativos y un aumento en una tonelada implicaría un incremento del 0.28 unidades porcentuales en la PTF. La apertura sigue siendo significativa lo que implica que las reformas permitirían un aumento del 0.1% en la productividad total de los factores agrícolas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

La degradación del suelo y de los ríos en Colombia afecta en el largo plazo los rendimientos y la productividad del sector agrícola, por esto, un tratamiento adecuado de los recursos naturales, mejoraría el desarrollo del sector, y de esta manera poder mejorar las condiciones sociales y económicas de la población. El adecuado uso de los recursos naturales mejora las condiciones económicas mediante el aumento de los rendimientos; el mantenimiento de la frontera de posibilidades de producción en el largo plazo; además permite enfrentar las nuevas restricciones ambientales que se presentan en el entorno internacional convirtiéndolas en una ventaja competitiva, y por último ayuda a mantener o conservar los recursos naturales y ambientales con que cuenta Colombia.

La presencia de externalidades se hace evidente en la producción agrícola por lo que el precio de los bienes no refleja su valor social, es decir, la producción no tiene en cuenta factores como la erosión y sedimentación del suelo que genera efectos negativos sobre el aire el agua e incluso para la producción futura. Por tanto, el sector agrícola tiene el desafío de conseguir un aprovechamiento racional del recurso del suelo a través de políticas de fomento, de investigación y económicas que atiendan las necesidades del país en materia de preservación y recuperación de los recursos agua y suelo. Esto se puede lograr a través de técnicas agrícolas sostenibles como las que propone el Programa de Agricultura Ecológica en vigencia, para producir alimentos mas puros y frescos, con iguales o mejores cosechas que las realizadas con los métodos vigentes, con costes menores de producción y de medio ambiente y con una mayor rentabilidad a largo plazo. La producción ecológica es aquella que incluye el cuidado del ambiente en todo el proceso de producción, es decir reconoce el cuidado de los recursos naturales utilizando métodos que no degraden el suelo y las aguas en la producción.

Por otra parte, la crisis de sistemas de uso intensivos de la tierra y de baja densidad de valor (como son los cultivos de granos y semillas oleaginosas de ciclo corto) y el crecimiento de sistemas más intensivos y de alta densidad de valor por unidad de superficie (como son los cultivos permanentes, las hortalizas y los frutales) son el principal factor determinante de la productividad agrícola, teniendo en cuenta que dentro de este proceso, se debe hacer una adecuada utilización de las tierras mediante un mayor conocimiento de los factores limitantes (El régimen de nutrientes, el régimen de aireación, el régimen de temperatura y el régimen biológico) inherentes a las tierras y a los cultivos para garantizar su sostenibilidad, ya que dicho proceso ocasiona el empleo mas intensivo de los recursos, no solo un aumento de mano de obra o de jornada de trabajo, de capital fijo o capital humano, sino también de los recurso agua y suelo.

La implantación de medidas tendientes a la progresiva liberalización y apertura económica y el comportamiento de la tasa de cambio, han tenido una fuerte incidencia en los precios relativos de los productos agropecuarios, así como generado un proceso relativamente intenso de ajuste estructural que se manifiesta en cambios en los patrones de producción y uso de recursos. Sin embargo, el efecto ha sido altamente diferenciado dependiendo del grado de transabilidad internacional de los productos. Los cultivos transitorios transables, entraron en crisis ante la competencia internacional; otros sectores, como la ganadería extensiva, la producción pecuaria intensiva, los cultivos permanentes y los cultivos de productos no transables, han aumentado la producción; la ganadería bovina extensiva ha ocupado la mayor parte de las tierras que dejaron de ser cultivadas con granos y oleaginosas. En algunos casos se observa un ajuste eminentemente regresivo en términos de intensidad de uso y aprovechamiento de la tierra, pues las áreas dejadas de cultivar se pasaron a ganaderías extensivas, con consecuencias negativas para la población rural; y en otros, hay indicios de una reconversión de carácter progresivo en la estructura productiva del sector agropecuario [Balcázar, 2002]. Este proceso gradual de adaptación de la estructura productiva a las ventajas comparativas, características del medio ambiente y las demás condiciones agroecológicas de Colombia, ofrece un panorama positivo para mejorar la utilización de los recursos naturales en aras de alcanzar una agricultura sostenible. Además, si bien es cierto que la desgravación aumenta los costos del sector siendo mas difícil incurrir en costos relacionados con el medio ambiente, se pueden eliminar distorsiones en cuanto a los insumos utilizados que reflejan el costo real y no uno mas bajo que aumente su uso excesivo.<sup>6</sup>

La falta de información y estadísticas respecto a como se encuentra el sector en materia ambiental dificulta su análisis, ya que se presentan incoherencia e discontinuidad en los datos; por lo tanto, es necesario construir una mejor base de datos que permita formular políticas y tomar medidas que favorezcan el sector. Se hace necesario acercar el uso de las tierras a su uso potencial, al disminuir el área utilizada para la ganadería extensiva y aumentar el porcentaje agrícola. Se debe incentivar la investigación, aplicación y transferencia de tecnologías de bajo impacto sobre los recursos del suelo, agua, bosques y biodiversidad, atacando, bien sea la baja escolaridad de las zonas rurales, o la institucionalidad agrícola, además de fomentar programas educativos para informar y educar a los productores y consumidores respecto de los beneficios de cosechas limpias y alimentos producidos orgánicamente; de manera que los agricultores aprendan a usar el potencial total de los recursos naturales para aumentar la productividad y los ingresos manteniendo el equilibrio ecológico.

6. Según el Banco Mundial, las reformas tendientes a liberalizar una economía contribuyen tanto a la sustentabilidad económica como ambiental

De otro lado, se debe hacer un uso menor de sustancias químicas o generar el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes no químicos, que no alteren el equilibrio del suelo y permitan altos rendimientos.

De esta manera se puede concebir una agricultura sostenible que intente proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, manteniendo la capacidad productiva del agro-ecosistema, la preservación de la biodiversidad y la capacidad del sistema para auto-mantenerse y autorregularse.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Alfsen, K. H. 1996: The Cost of Soil Erosion in Nicaragua, Ecological economics.
- Azqueta, D. y Ferreiro A. 1994. Analisis Economico y Gestion de Recursos Naturales, Alianza Editorial, Madrid.
- Balcázar A. 2002. Las Transformaciones Agrícolas en la década de los Noventa, Universidad Nacional, Santa Fe de Bogotá
- Bejarano, J. A.. 1998. Elementos para un Enfoque de la Competitividad en el Sector Agropecuario, IICA, Bogotá.
- Bojo, J. 1996. The Cost of Land Degradation in Sub-Saharan Africa, Ecological economics.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988): Nuestro Futuro Común, Colegio Verde de Villa de Leyva, Alianza Editorial Colombiana, Bogotá
- Chica, R. 1996. El Crecimiento de la Productividad en Colombia: Resultados del Estudio Nacional sobre Determinantes del Crecimiento de la Productividad, Sánchez F., Análisis Global y Sectorial, Productividad Total Factorial, DNP, Colciencias, Tercer Mundo, Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadísticas DANE. 2000. Estadísticas del sector agrícola, Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. 2000. Anuario estadístico del sector Agropecuario, Bogotá.
- Dirección de Política Sectorial Grupo de Sostenibilidad y Gestión Ambiental. 2001. Programa Nacional de Producción Agropecuaria Ecológica, Versión preliminar, Ministerio de Agricultura, Bogotá.
- Galvis, L. 2001. Que Determina la Productividad Agrícola Departamental en Colombia, Centro de Investigaciones Económicas del Caribe Colombiano, Cartagena - Colombia.
- IDEAM. 1996. Evaluación de los Sistemas de Producción Agrícola en Áreas de Agricultura Intensiva del País, Degradación de Suelos y Aguas por Efectos de Plaguicidas, Bogotá.
- [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)
- León, S.T. y Rodríguez, L. 2001. Ciencia, Tecnologías y Medio Ambiente en la Agricultura Colombiana, Seminario Permanente sobre Problemas Agrarios y Rurales, Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos ILSA, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Javeriana, en prensa, Colombia.
- Machado, A. y otros. 1994. La Agricultura y las Políticas Sectoriales, Minagricultura 80 años, TM editores, Bogotá.
- Ministerio de Agricultura y Departamento Nacional de Planeación, Misión Rural. 1989. La Agricultura y los Recursos Naturales, DNP, Ministerio de Agricultura, Bogotá.
- Olivera M. 1990. Relaciones entre la Actividad Agrícola en Colombia y algunos Componentes Ambientales, DNP, Ministerio de Agricultura, Bogotá.
- Sanchez J. y Supelano A. 2001. La Roca y las Marelas, Ensayos sobre Economía y Ecología, UN Facultad de Economía, IDEA, Bogotá.
- Suescun G., D. 1982. Recursos Naturales de Colombia, Talleres Universidad de Antioquia, Universidad de Antioquia, Colombia.
- Tovar D y Morales L. 2002. La utilización de los recursos naturales y la productividad agrícola Colombiana. Universidad Externado de Colombia, Tesis, Bogotá.
- Walpole S.C. y Sinden, J.A. 1997. BCA and GIS: Integration of Economic and Environmental Indicators to Aid Land Management Decisions, Ecological economics, No 23.



## ANEXO 1

### DATOS UTILIZADOS EN LOS MODELOS:

obs	AE	CA	H	I	J	M	PL	PTF	R	RF	S	SF
1970	1909027	31895	3154	8947	2366.11	100260.5	16149	1.3	143116.40	84983	8595.03	2538600
1971	1911283	33993	3325	9933	2356.76	98666.7	17774	1.3	143425.41	93623	8408.90	2541600
1972	1950086	36091	3497	8947	2347.41	97072.8	17322	1.37	144349.37	86697	8837.72	2593200
1973	2038747	38190	3668	8034	2338.06	95479.0	16882	1.35	143422.38	91019	7415.59	2711100
1974	2082890	7229	3840	7194	3112.92	93885.2	16475	1.42	111264.03	104959	7037.37	2769800
1975	2188546	4628	4553	7519	4924.37	92291.4	16551	1.44	113114.73	115144	11270.69	2910300
1976	2205466	81026	3356	10338	2564.27	95492.0	17462	1.45	189088.83	106263	10006.46	2932800
1977	2272394	41154	3532	15223	2203.77	52640.3	23656	1.45	110585.61	106760	14587.98	3021800
1978	2473629	55306	5165	6127	2148.06	59628.0	15766	1.52	123659.48	119479	6577.86	3289400
1979	2396022	68657	4880	4138	753.03	64066.4	12927	1.53	137663.99	127708	4187.86	3186200
1980	1642078	34410	4621	3641	2084.61	42624.6	12572	1.54	81767.05	134301	2647.86	3188500
1981	1639297	83986	4599	3159	1979.5	129862	12211	1.56	223308.53	147691	7481.2	3183100
1982	1567464	112081	5203	2836	998.2	163850	12853	1.54	281766.49	150077	4837.36	3043620
1983	1496861	50127	5672	3237	873.51	89198	14354	1.57	145766.63	142426	5567.82	2906526
1984	1483558	131322	6001	3523	2978.96	74212	15460	1.61	212794.52	148070	4281.46	2880696
1985	1532507	62577	6113	3912	1797.29	70689.3	17046	1.57	137326.49	146213	2262.62	2975742
1986	1571661	64814	6257	3671	2443.11	118770.1	16229	1.67	189179.98	149178	3153.05	3051769
1987	1632358	38273	6530	3912	2500.61	69855.3	23379	1.77	117073.69	158045	6444.3	3169628
1988	1708533	91173	6098	4705	1540.06	119375.1	21484	1.74	218096.99	158299	6008.89	3317540
1989	1840831	63973	7207	3694	2632.68	64242	19968	1.8	135103.25	155906	4256.01	3574430
1990	2288290	36492	6573	4006	2238.98	52447.2	17602	1.85	95023.57	288869	3845.86	4767270
1991	2203871	25491	6368	3507	1744.49	43264	16396	1.92	73973.09	299007	3474.09	4591398
1992	2098484	25304	6067	2645	1574.58	31842	14947	1.81	61966.22	296661	3245.81	4371843
1993	2088667	88973	5719	2250	2275.93	49989.6	14718	1.82	145267.75	314726	4028.78	4351390
1994	2110031	97991	7454	2534	2268.4	52237.8	16358	1.83	158121.51	315876	5624.3	4395898
1995	2006008	45062	8322	4204	1740.8	38493	19806	1.95	88558.66	299069	3262.9	4179184
1996	1939213	93466	7616	3704	2229.67	82579.3	18843	1.98	181441.24	287886	3165.97	4040028
1997	1874108	36140	7788	4283	726.47	41031.6	19380	2.01	80069.97	305776	2171.7	3904393
1998	1772162	78474	7959	4585	3072.52	44905.15	20263	2.04	132023.17	301098	5571.54	3692004
1999	1844561	157203	8131	5135	3612.2	72767.35	21077	2.07	240762.76	317892	7180.11	3842835
2000	1888004	148955	8303	5759	2574.26	65229.35	21962	2.11	221216.25	304313	4457.61	3933341

Fuente: Cálculos del autor; León, S.T. y Rodríguez, L.(2001); Chica, Ricardo (1996); IDEAM, DANE.

