

## Discutiendo el crecimiento económico y su relación con los patrones de contaminación

### Economic growth and pollution patterns: A discussion

Julia G. Maturana C.<sup>1</sup>

#### Resumen

En este documento se discuten ampliamente los resultados y aplicaciones de dos modelos de gran relevancia en el análisis económico de los patrones de contaminación. En los dos trabajos expuestos se destacan de forma importante los aspectos íter temporales para el análisis de los problemas de contaminación. En el primer trabajo (Keller, et al. 1971) se discuten dos modelos posibles, dependiendo de cómo se considera el contaminante dentro de la función de utilidad social y en el proceso productivo. En el segundo documento (Shafik y Bandyopadhyay, 1992), se busca determinar cómo cambia la calidad ambiental a diferentes niveles de ingreso, tomando en cuenta que el ingreso es una variable que está altamente relacionada con los niveles de crecimiento de las sociedades.

En ambos modelos lo que se desea es controlar el nivel de stock del contaminante. Ambos modelos difieren en la estructura de su función de producción y en la forma en que permiten controlar el contaminante, sin embargo la función objetivo en ambos es la misma.

En general se concluye que las variables de decisión política tales como el comercio, distorsiones o la deuda externa tienen poco o nulo efecto sobre la evolución de la calidad ambiental; las acciones por organismos de control (gobiernos) sólo tomarán acciones cuando existen costos locales generalizados y beneficios (tanto privados como sociales) sustanciales; y que cuando los costos de la degradación ambiental son soportados por otros (por los pobres o por otros países), existen pocos incentivos para cambiar el comportamiento individual destructivo.

**Palabras clave:** crecimiento económico, patrones de contaminación, control óptimo

#### Abstract

This paper will discuss extensively the results and applications of two models of great significance in economic analysis of patterns of pollution. Both papers highlight the importance of inter-temporal analysis in pollution problems. In the first document (Keller, et al. 1971) two possible models are introduced, depending on how the contaminant is introduced in the utility function and the production process. The second document (Shafik and Bandyopadhyay, 1992), seeks to determine how the environmental quality changes at different income levels, taking into account that income is a variable that is highly related to societies growth.

In both models we want to control the level of stock of the pollutant. Both models differ on the structure of its production function and in how to control the pollutant; however the objective function is the same in both.

In general we conclude that the decision variables such as trade policy, distortions or external debt have little or no effect on the evolution of environmental quality; control bodies (government) will take action only when there is widespread local costs and substantial benefits (both private and social); and when the costs of environmental degradation are borne by others (for the poor or by other countries), there is little incentive to change the destructive individual behavior.

**Key words:** economic growth, pollution patterns, optimal control

---

<sup>1</sup> Departamento Académico Ciencias Empresariales, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo,

jmaturationa@usat.edu.pe;

Recibido 12 de setiembre 2007, aceptado 15 de enero 2008

## Introducción

El crecimiento económico<sup>1</sup> se ha concentrado a través de la historia en un grupo de países que actualmente conocemos como “países desarrollados” y que son los que cuentan actualmente con la mayor parte de la riqueza mundial.

Este crecimiento se ha dado a expensas de la explotación de los recursos naturales, tomando tanto a éstos como al ambiente como bienes públicos por los que no había que pagar para consumir o utilizar.

La visión antropocéntrica que tiene su origen desde los tiempos de Sócrates (filósofo griego), ha provocado un tipo de actitud para el desarrollo con poco o ningún respeto por la naturaleza y en que lo único que importa es el bienestar del ser humano. Esta raíz antropocéntrica marcó el desarrollo occidental, influyendo tanto en las ciencias como en las artes y está presente hasta nuestros días.

Ha existido entonces, una relación directa entre crecimiento económico y contaminación que, inicialmente, no fue tomada como un factor importante e incluso, algunas décadas atrás existía la idea que el mundo podía absorber de forma eficiente la contaminación generada por la sociedad humana y que los recursos naturales renovables se regeneraban a una tasa suficientemente ágil como para permitirnos seguir creciendo y desarrollándonos a costa suya sin preocuparnos mayormente. Sin

embargo últimamente nos estamos dando cuenta que estamos sobrepasando la capacidad de carga de los ecosistemas y que nuestro ritmo de desarrollo crece aceleradamente mientras la regeneración natural de los recursos ya no basta para sostenerlo. En este momento es cuando empieza a haber una preocupación generalizada por los niveles de contaminación y el agotamiento de los recursos.

No se puede ni se desea detener el desarrollo, pero también está claro que tampoco vamos a poder sobrevivir mucho tiempo más si se mantienen los ritmos acelerados de contaminación y destrucción de los recursos naturales. De ahí la importancia de desarrollar formas, modelos o métodos que nos permitan seguir creciendo sin agotar nuestros recursos o sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas.

Para mencionar algunos pasos dados sobre el camino, me basaré en algunos modelos de crecimiento económico que toman en cuenta el problema de la contaminación. Cabe señalar que los trabajos a exponer tienen tanto limitaciones como ventajas y que no son la panacea del modelo de desarrollo pero que, sin embargo, ayudan como una buena herramienta para tomar decisiones y dan luces sobre cómo incluir la contaminación dentro de modelos de desarrollo económico.

## Análisis de los modelos

### 1. El control óptimo de la contaminación

En este artículo, el bienestar de la sociedad en cualquier momento del tiempo se maneja como una función del flujo del consumo ( $c$ ) y del stock de la contaminación ( $p$ ):

$$U(c, p) \quad 1$$

donde,  $U_c > 0$ , la utilidad o bienestar aumenta con un mayor consumo de bienes

$U_{cc} < 0$ , la utilidad aumenta de

forma decreciente

$U_p < 0$ , la utilidad disminuye con una mayor contaminación

$U_{pp} < 0$ , esta disminución de utilidad se acentúa

El bienestar total puede ser indicado entonces como:

$$W = \int_0^{\infty} U(c, p) e^{-rt} dt \quad 2$$

<sup>1</sup> Para este ensayo entenderemos por crecimiento económico el incremento en los índices económicos y de calidad de vida en una sociedad dada.

Esta base sustenta los dos modelos, y lo que se hace es plantear un Hamiltoniano con el fin de obtener el patrón óptimo de crecimiento y nivel de contaminación.

$$dk/dt = -H_k + kr = -U_c \bullet f' + k[r + a(1-\bullet\bullet\bullet)f'] \bullet (1-\bullet\bullet d)f' \tag{4^a}$$

$$D\bullet/dt = -H_{\bullet\bullet} \bullet\bullet r = -U_p + (r+b)\bullet \tag{4^b}$$

**a. Control de la contaminación a través de la reducción del contaminante**

**Condiciones necesarias y patrón óptimo**

Dado que es un problema de control óptimo, entonces el Hamiltoniano es:

$$H = e^{-\rho t} \{ U(c, p) + k[(1-\bullet\bullet\bullet)f - aK] + \bullet [(1-\bullet d)f - bP] \} \tag{3}$$

Donde k es el precio sombra del capital para todo t

• es el precio sombra de la contaminación para todo t

a es la tasa a la que se deprecia el capital

b es la tasa a la que se deprecia el contaminante

d es la cantidad de contaminante a reducir

• es la fracción del producto que se destina a consumo

• es la fracción de producto que se destina a descontaminar

Se aplica el principio del máximo de Pontryagin maximizando H y se obtiene:

Entonces, para saber las cantidades de • y • que maximizan H derivamos parcialmente el Hamiltoniano respecto a ambas:

$$H_c = e^{-\rho t} (U_c k) f \tag{5^a}$$

$$H_{\bullet} = e^{-\rho t} (-k d \bullet) f \tag{5^b}$$

Lo que se llega a obtener planteando un equilibrio estático es que existe al menos un par de valores de K y P que permiten encontrar un patrón óptimo. Luego se plantean dos estados: en el primero de estos *estados de equilibrio estático*, no se gasta dinero en el control de la contaminación y se denomina *Equilibrio de la edad opaca*, se caracteriza por abundancia de capital, un nivel de consumo alto y un nivel de contaminación extremo que sólo se controla por la depreciación natural del contaminante.

En el segundo caso, se gasta tanto en consumo como en control de la contaminación (*Equilibrio de la edad dorada*) y se observan niveles de consumo, de capital y de contaminación inferiores a los obtenidos en la edad opaca. Para observar ambos equilibrios una vez aplicados valores (arbitrarios) a los

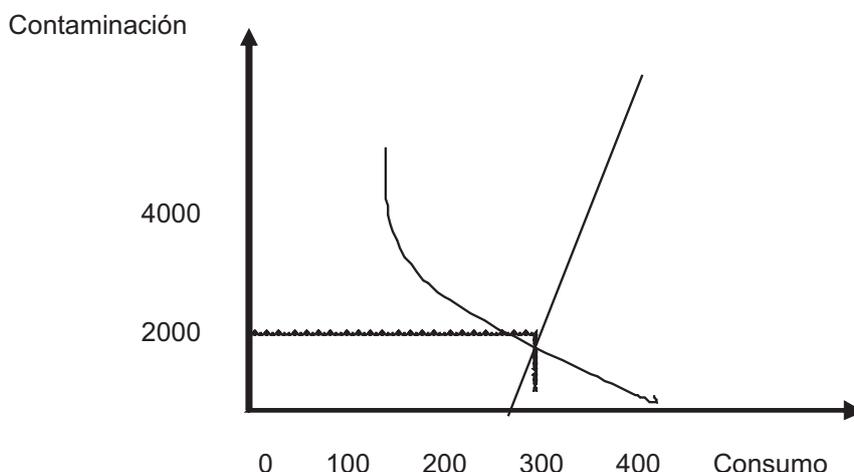


Fig. 1. Equilibrio de la edad dorada

Considerando una función de utilidad:  $U(c, P) = c^{1/2} P^{1.1}/5.000$  y  $f(K) = 10 \cdot K^{1/2}$  con parámetros:  $a=0,06$ ,  $b=0,1$ ,  $d=10$  y  $r=0,05$ .

Las soluciones corresponden a: el  $K$  que satisface 14 es 1.673,6; el producto total  $y=f(K)$  será de 409,1 unidades.

El valor de  $\alpha$  (la proporción del producto que se destina al consumo) es 0,68462, el valor de  $\beta$  (la proporción del producto que se destina al control de la contaminación) es

0,06992. El consumo es 280,1 y el stock de contaminación es 1.230,4. El producto que sobra se destina a reponer el capital depreciado. La utilidad  $U(c, P) = 16,2$ .

Para los mismos parámetros que en la edad dorada, ahora  $K = 2.080,3$ ;  $f(K) = 456,1$ ,  $P = 4.561$ ,  $\alpha = 0,7264$ ,  $\beta = 0$  y  $c = 331,3$ . Se observa que la utilidad en este caso  $U(c, P) = 16,1$ ; es menor que en la edad dorada (Figura 2)

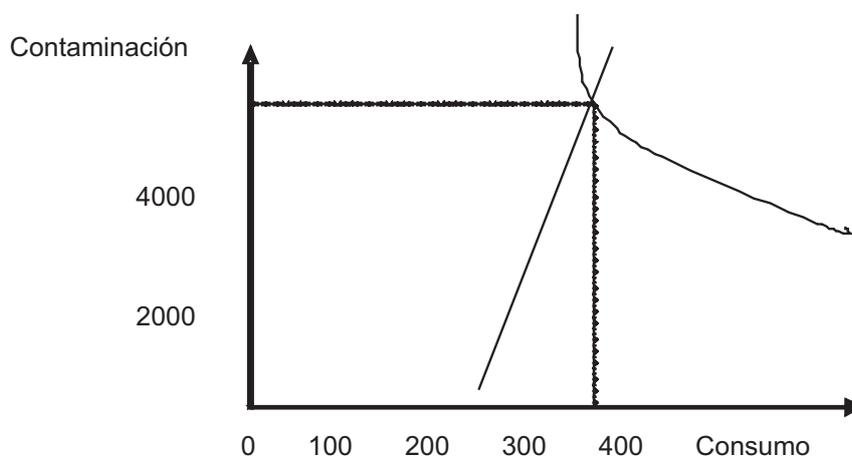


Fig. 2 Equilibrio de la edad opaca

En este caso se demuestra que:

- \* No pueden haber más de dos pares de equilibrios en  $K$ ,  $P$  que satisfagan las condiciones necesarias para el óptimo.
- \* Se conjetura (aunque no se demuestra) que empezando con cualquier stock inicial para  $K$  y  $P$  se alcanza el equilibrio. Sólo se prueba esta conjetura para un ejemplo simple en el cual la desutilidad de la contaminación es lineal y separable.

#### b. Control de la contaminación escogiendo el proceso productivo

En el segundo modelo presentado, el control de la contaminación se hace escogiendo el proceso productivo, este es el caso en que el contaminante ingresa a la función de bienestar como stock con utilidad marginal (UMg) negativa y en la función de producción como flujo con producto marginal (KMg) positivo (Ejemplo: DDT Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane).

Se asume que una vez que el contaminante se ha creado, sólo puede reducirse de forma natural a través de su tasa de degradación

natural (b). El problema es escoger el proceso productivo, o sea cuánto del total de trabajo disponible se dedica al sector de bienes de consumo y cuánto al sector de la contaminación.

La función objetivo es la misma que antes pero se asume separable en el consumo y la contaminación:

$$U(c, P) = g(c) - h(p) \quad 6$$

Donde  $g'(0) = +$ ,  
 $g'' < 0$   
 $h'(0) = 0$   
 $h'' > 0$

El trabajo es el único factor productivo y su oferta es constante. Parte de éste ( $L_1$ ) se usa para la producción del contaminante a través de su función de producción  $j(L_1)$ , donde  $j'(L_1) > 0$ ,  $j''(L_1) < 0$  y  $L_1 = [0, L]$ . El resto del trabajo ( $L - L_1$ ) se destina a la producción de bienes de consumo. El contaminante, usándose como un bien intermedio, es el otro insumo en la función de producción de

bienes de consumo, así:

$$c = f(L - L1, j(L1)) \quad 7$$

donde  $j(L1)$  representa el flujo primario del contaminante producido. Para producir el

bien de consumo se requieren cantidades positivas del insumo trabajo mas no del insumo contaminación, o sea  $j(L1)$  puede ser cero y la función se reduce a  $c = f(L1)$ :

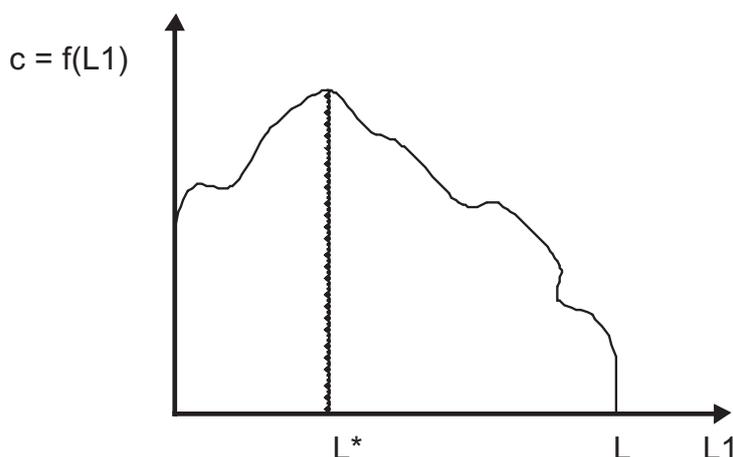


Fig. 3 Producción como función del trabajo asignado a la producción de la contaminación.

Más allá del punto  $L^*$  de máxima producción, aumentos en el trabajo asignado al contaminante, reducen la producción del bien de consumo.

En este caso también se demuestra que existe un solo patrón óptimo y, como en el caso anterior, el nivel inicial óptimo de  $\bullet$  es el valor en el patrón óptimo correspondiente al nivel inicial  $p_0$  del contaminante.

El modelo demuestra que no es óptimo ignorar el problema de la contaminación, pero tampoco lo es eliminar por completo el flujo del mismo.

Queda claro en este caso que existen al menos dos problemas de decisión:

- Determinar el nivel crítico de  $p^*$  por debajo del cual la producción del contaminante puede ser permitida.
- La cantidad requerida de limitación en el uso del contaminante. Lo más fácil de administrar sería limitar totalmente la producción del contaminante o no hacerlo en absoluto, sin embargo las pérdidas económicas en ambos tipos de políticas pueden ser severas. La tasa de degradación "b" es el factor crucial en la determinación del nivel  $p^*$  por encima

del cual debe prohibirse el uso del contaminante. Mientras mayor la tasa de degradación natural (b), más alto será el nivel al cual el uso del contaminante debe prohibirse.

**Resultados y extensiones del primer modelo**

Los dos modelos discutidos producen resultados similares. Las diferencias sugieren que no existen reglas generales para manejar el problema de la contaminación y que no existe un único modelo que esté suficientemente bien definido para dar resultados de interés sin que se necesiten especificaciones adicionales. Sin embargo ambos modelos pueden ser extendidos en el análisis de una variedad de problemas de contaminación si se mantiene el espíritu de los supuestos presentados aquí.

Se concluye que en la sociedad se ha puesto demasiado énfasis en crear un stock de capital y mantener un nivel de consumo alto, lo que ha provocado excesivos niveles de contaminación no-óptimos para la sociedad. Se propone una especie de coordinación centralizada para corregir la

situación puesto que se presentan incentivos no apropiados en la reducción de contaminación, tal coordinación debe dirigirse a controlar cargas de efluentes, crear un mercado para los derechos de contaminar o, quizá, en controles directos.

Finalmente se recalca que las medidas drásticas en general no son las más apropiadas pues en muchos casos la sobre-reacción representa un daño considerable. Lo que se debe buscar es un movimiento controlado hacia los patrones óptimos.

Algunos supuestos que podrían resultar muy restrictivos y que deberían ser relajados para lograr un modelo más generalizado son:

- Que el capital pueda ser usado en el sector de reducción de la contaminación.
- Debe considerarse el proceso tecnológico, particularmente en el sector de reducción de la contaminación.
- Tratar la oferta de trabajo como una variable endógena para conocer explícitamente la relación entre crecimiento poblacional y contaminación e ilustrar la posible necesidad de métodos de controles poblacionales.

## 2. Crecimiento económico y calidad ambiental

En el segundo documento que quiero discutir (Shafik y Bandyopadhyay, 1992), se busca determinar cómo cambia la calidad ambiental a diferentes niveles de ingreso, teniendo en cuenta que el ingreso es una variable que está altamente relacionada con los niveles de crecimiento de las sociedades. Se analizan recursos de tipo renovable tales como aire, agua o bosques.

Conceptualmente, los recursos renovables son análogos al capital humano y físico. Lo que se busca es la acumulación óptima de un stock de recursos naturales que maximice el bienestar inter temporal. El capital natural puede afectar directamente el bienestar o lo puede hacer a través del proceso productivo. Adicionalmente se incluye el problema de la irreversibilidad, común tanto a los recursos naturales como a los capitales humano y físico.

Dado que el medio ambiente es tanto un bien de consumo como un insumo productivo, los patrones de uso del recurso a diferentes estados de desarrollo

dependerán de la elasticidad ingreso de la demanda y oferta respecto al resto de bienes y servicios. Esto presuntamente variará con los costos y beneficios asociados a cambios en la calidad ambiental.

Los costos marginales de un ambiente más limpio se definen como una función creciente de la calidad ambiental (E). Los beneficios marginales son función del nivel de calidad ambiental y del ingreso per cápita (Y):

1.  $CMg = f(E)$  donde  $dCMg/dE > 0$
2.  $BMg = f(E, Y)$  donde  $dBMg/dE < 0$  y  $dBMg/dY > 0 < 0$ ,

este último signo no se conoce debido a las innumerables fuerzas que están influyendo en este punto.

Existe una visión generalizada respecto que a mayores ingresos, el valor de los daños causados a la vida o la salud por la degradación ambiental son mayores, esto implicaría un incremento en los beneficios marginales de descontaminar a medida que el ingreso aumenta. Sin embargo es claro que son los pobres quienes están más expuestos y son más vulnerables a pérdidas de productividad asociadas con un medio ambiente degradado. La percepción general es que a mayores ingresos, la gente puede darse el "lujo" de preocuparse por las amenidades o la biodiversidad pero se encuentra que muchas sociedades con ingresos muy bajos tales como las de tipo tribal dan un gran valor a la conservación.

A nivel teórico no es posible predecir cómo la calidad ambiental será afectada por el ingreso. La evidencia sugiere que, aunque no existe un patrón claro entre calidad ambiental y crecimiento económico a nivel agregado, éste sí se observa entre indicadores ambientales específicos e ingreso per cápita. Cuando la calidad ambiental afecta directamente el bienestar humano, altos niveles de ingreso tienden a estar asociados con menor degradación; pero cuando los costos del daño ambiental pueden externalizarse, el crecimiento económico resulta en un deterioro de la calidad ambiental.

Los autores usaron indicadores de calidad ambiental como variables dependientes en una regresión de tipo Panel usando datos de 149 países para los años 1960 a 1990. Los

indicadores de calidad ambiental usados fueron:

1. escasez de agua limpia
2. escasez de salubridad urbana
3. niveles de material particulado en suspensión (SPM)
4. óxido de azufre en el ambiente (SO<sub>2</sub>)
5. cambio en el área forestal entre 1961-1986
6. tasa anual de deforestación
7. oxígeno disuelto en los ríos
8. nivel de coliformes fecales en ríos
9. basura municipal per cápita, y
10. emisiones de carbono per cápita.

Se probaron tres modelos: log-lineal, cuadrático y cúbico para explorar la relación entre ingreso y cada indicador de calidad ambiental:

1.  $E_i = a_1 + a_2 \log Y + a_3 \text{tiempo}$
2.  $E_i = a_1 + a_2 \log Y + a_3 \log Y^2 + a_4 \text{tiempo}$
3.  $E_i = a_1 + a_2 \log Y + a_3 \log Y^2 + a_4 \log Y^3 + a_5 \text{tiempo}$

El término constante varía para cada país o ciudad para capturar efectos específicos de cada uno. El tiempo se agregó como una Proxy de los cambios tecnológicos. Los resultados pueden agruparse en términos de análisis así:

- El acceso al agua limpia y sanidad urbana claramente mejoran con aumentos del ingreso per cápita. La tendencia temporal es significativamente negativa implicando que, a cualquier nivel de ingreso dado, más personas tienen acceso al agua limpia y sanidad urbana que en el pasado.
- El caso de la deforestación es más complejo. El primer obstáculo es cómo se está midiendo esta variable. La tasa de deforestación puede ser mínima si ya se acabó con este recurso en el pasado. El ingreso no está influyendo significativamente en esta variable. El modelo mejor ajustado es el cuadrático.
- Las dos medidas de calidad de agua muestran un empeoramiento con aumentos del ingreso per cápita. El oxígeno disuelto presenta una tendencia lineal con pendiente negativa (los efectos de la industrialización) mientras la medida de coliformes fecales una tendencia cuadrática en que primero se empeora, luego mejora y luego vuelve a empeorar con niveles altos de ingreso.

- El material en suspensión indica una tendencia cuadrática en que se está muy mal al principio y luego mejora.
- El dióxido de azufre (quemadas) también presenta una tendencia cuadrática. La tecnología parece jugar un rol favorable en mejorar la calidad ambiental a niveles medios de desarrollo.
- La basura municipal per cápita es un indicador medioambiental que empeora sin ambigüedad con incrementos en el ingreso. La regresión log lineal es la que mejor se ajusta a este tipo de contaminante. Ciudades más ricas producen más basura. Los altos niveles de ingreso no se asocian con reducciones en la generación de basuras dado que la disposición de basuras sólidas puede ser transformado en un problema local en áreas poco pobladas.
- Las emisiones de carbono per cápita, tal como las basuras, no se reducen con mejoras en el ingreso dado que los costos no se internalizan por la posibilidad de traspasar a otros el problema. Esto se puede catalogar como un caso típico de *free-riding*. La tecnología tampoco evidencia mejoras significativas dado que no existen incentivos en la reducción de emisiones de carbono.

En una segunda parte del documento se exploraron también las consecuencias de diversas políticas económicas entre países con las variables de calidad ambiental. Se observaron a través de diferentes formas funcionales las siguientes variables:

- Crecimiento económico e inversión.
- Tarifas de energía.
- Política comercial.
- Deuda.
- Libertades civiles y políticas.

Los resultados de estas regresiones se pueden leer de la siguiente forma: El ingreso presenta el efecto más significativo en todos los indicadores de calidad ambiental. La relación entre calidad ambiental y crecimiento económico es compleja y por eso probablemente no muestre resultados significativos en el modelo. La mayoría de los indicadores ambientales muestran un deterioro con incrementos del ingreso inicialmente a excepción del acceso al agua y la sanidad, los que son esencialmente resueltos a mayores ingresos.

La mayoría de los indicadores tienden a mejorar con niveles medios de ingresos tal como se evidencia por el signo negativo de la variable ingreso al cuadrado. Se evidencia que economías con altas tasas de inversión y rápido crecimiento económico presionan más los recursos naturales, particularmente en términos de contaminación; pero algunos de los indicadores que empeoran con altas tasas de inversión (deforestación y  $\text{SO}_2$ ) tienden a mejorar con ingresos altos.

A excepción de las coliformes fecales, todos los indicadores ambientales mejoran o no empeoran a través del tiempo, es decir la tecnología está siendo un factor importante en la mejora de los indicadores.

### **Resultados y extensiones del segundo modelo**

Algunos indicadores ambientales mejoran con el ingreso (como el agua y la sanidad), otros empeoran y luego mejoran (las partículas y el  $\text{SO}_2$ ) y otros simplemente empeoran (oxígeno disuelto, basuras municipales y emisiones de carbono). Estos patrones reflejan las decisiones sociales acerca de la calidad ambiental a diferentes niveles de ingreso.

Las formas funcionales reflejan los costos y beneficios relativos que los países dan a

ciertos problemas ambientales.

El agua y la sanidad, con costos relativamente bajos y grandes beneficios sociales y privados se encuentran dentro de los problemas primordiales a ser resueltos. La contaminación atmosférica, que impone costos locales externos pero que es relativamente poco costosa de combatir, tiende a ser resuelta cuando los países alcanzan niveles de ingreso medios. Esto es por que los problemas de contaminación atmosférica tienden a ser más severos en economías de ingreso medio que son aún industrializadas e intensivas en el uso de energía y los beneficios de reducir la contaminación son mayores y más factibles.

Cuando los problemas de contaminación pueden ser externalizados como en el caso de las basuras y las emisiones de carbono, hay pocos incentivos para incurrir en costos de reducción sustanciales.

Algunos indicadores mejoraron claramente tales como agua, sanidad, partículas y  $\text{SO}_2$  mientras otros tal como las coliformes fecales en los ríos empeoraron con el paso del tiempo sin ambigüedad. El oxígeno disuelto y las emisiones de  $\text{CO}_2$  no cambian con el paso del tiempo.

## **Conclusiones**

1. El modelo de control óptimo de la contaminación y el modelo de crecimiento económico y calidad ambiental realizan un análisis bastante coherente del problema de la contaminación, en el primero se cubren dos formas posibles de analizar la contaminación: a través de reducir directamente el contaminante y cuando forma parte del proceso productivo. Ambas visiones se acomodan bastante bien a la realidad y permiten entonces, manejar el problema de la contaminación desde una perspectiva amplia pero bastante certera. Por supuesto ambos modelos son simplificaciones de la realidad sin embargo, estas simplificaciones son necesarias para hacer manejables y comprensibles los modelos y sus conclusiones. A mi parecer las

simplificaciones no involucran supuestos tan restrictivos como para suponer que los resultados de los modelos están totalmente fuera de la realidad pero es claro que las restricciones deben tomarse en cuenta a la hora de analizar problemas puntuales a fin de no tomar caminos errados en el análisis. Ciertamente por ejemplo no se están involucrando los problemas de contaminantes acumulativos, pero los modelos pueden ampliarse introduciendo estos elementos.

2. El modelo de control óptimo de la contaminación presenta una visión generalizada del problema de la contaminación en nuestra sociedad y demuestra que no es óptimo tomar decisiones radicales, ni eliminar totalmente la contaminación, ni permitir la

- sin restricción alguna. Hay que tomar en cuenta que la época en que se escribe el documento (inicios de los setentas), es una década en la que estaban empezando a tomar auge las políticas ambientales y por tanto es de esperar que el objetivo del documento sea simplemente demostrar el nivel sub-óptimo al que conduce *olvidar* el problema de la contaminación y, por otro lado, dado el auge ecologista y ambientalista demostrar también que no es óptimo restringir totalmente la polución.
3. El modelo de crecimiento económico y calidad ambiental es bastante más actual (90's) y es una revisión muy completa de los elementos que hay que tomar en cuenta a la hora de trabajar con contaminación. Es también un análisis crítico de ciertas tendencias que buscan demostrar que altos niveles de ingresos reducen la contaminación. Es un análisis fino en el sentido que desagrega el análisis de contaminantes versus ingreso per cápita, llegando a demostrar que no es correcto analizar de forma agregada diversos tipos de contaminantes.
  4. Se demuestra que, ciertamente, algunos contaminantes o indicadores de contaminación mejoran a mayores niveles de ingreso per cápita tal como predice la curva de Kuznets en contaminación pero también que hay otros que empeoran sin ambigüedad mientras otros muestran comportamientos de tipo cúbico.
  5. Lo más interesante es que se demuestra que la relación es diferente para cada tipo de contaminante o indicador y que, por tanto el análisis simplista en que se agregan todos los contaminantes no muestra la realidad de su comportamiento.
  6. Otro elemento bastante importante es el hecho que las políticas macroeconómicas no estén afectando realmente los niveles de contaminación. La importancia de esto radica en el tipo de esfuerzos que deben realizarse. No son esfuerzos a nivel macro de mejoramiento en los índices económicos los que están influyendo realmente en los niveles de contaminación, son cosas a nivel más local las que son realmente importantes y esto es crucial a la hora de decidir políticas de control de contaminación.
  7. Desde hace mucho tiempo es claro que los indicadores macroeconómicos no dicen la realidad de los países y que los niveles de pobreza, falta de educación y demás fallencias sociales pueden esconderse bastante bien detrás de este tipo de indicadores. Es el trabajo a nivel local el que nunca se ve y el que nunca se mide siendo, sin embargo, el más importante y efectivo para resolver problemas. La lección más importante de estos documentos es la que apunta en esta dirección.

### Referencias Bibliográficas

- Keller Emmett, Michael Spence y Richard Zeckhauser. The optimal control of pollution. En: Journal of Economic Theory 4, 19-34 (1971)
- Nemat Shafik y Sushenjit Bandyopadhyay. 1992. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Crosscountry Evidence. Documento base para el Reporte del Banco Mundial, 1992. The World Bank, Washington, DC