

00861



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE ECONOMIA

**REPERCUSIONES DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN EL
CRECIMIENTO ECONOMICO. FORMULACION Y OBTENCION
DE UN INDICE DE CALIDAD AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN
LA FUNCION DE PRODUCCION PARA EL CASO DE MEXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN ECONOMIA

PRESENTA:

LUIS EDUARDO CANDAUDAP CAMACHO

ASESOR:

DR. LUIS MIGUEL GALINDO PALIZA



MEXICO, D. F.

ABRIL 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

In memoriam

Christian Alberto Medina Vélez.

**Me enseñaste que el mundo siempre puede y debe ser mejor,
y que de cada uno de nosotros depende.**

¡Gracias por esto y por TODO!

Pero no nos atañe a nosotros dominar
todas las mareas del mundo, sino hacer
lo que está en nuestras manos por el bien
de los días que nos ha tocado vivir, extirpando
el mal en los campos que conocemos,
y dejando a los que vendrán después una
tierra limpia para la labranza. Pero que tengan
sol o lluvia, no depende de nosotros."

J.R.R, Tolkien

"Y el que aspira a ser algo exterior a sí mismo:
miembro del Parlamento, rico tendero, eminente abogado,
juez u otra cosa igualmente aburrida, ve siempre sus
esfuerzos coronados por el éxito. Y este es su castigo.
El que anhela una careta, no tiene más remedio que
llevarla"

Oscar Wilde

ÍNDICE

Introducción.....	5
CAPÍTULO I: La sombra de Jevons: Disertaciones en torno a la Función de Producción Neoclásica y a la Teoría del Crecimiento.....	15
Apéndice: Algunas propiedades de la Función de Producción Cobb-Douglas.....	31
CAPÍTULO II: La (intr.)omisión de los Recursos Naturales en la Función de Producción Neoclásica.....	36
Apéndice: Algunas propiedades de la Función de Producción Solow-Stiglitz.....	52
CAPÍTULO III: Progreso Técnico v.s. Calidad Ambiental: Cerrando el círculo.....	56
Apéndice: Los efectos del Índice de Calidad Ambiental en la Productividad de los factores.....	77
CAPÍTULO IV: Evidencia Empírica.....	80
Apéndice	129
CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	146

INTRODUCCIÓN

La teoría económica moderna acepta la existencia de una función de producción agregada que nos permita inferir la cantidad máxima de producción de una economía (pero también de un sector, de una industria o de una empresa) en función de cualquier conjunto especificado de insumos dada la tecnología existente o el “estado del arte” (Gould, Laeazar, 1994). En general, para fines didácticos, los economistas modernos aceptan la analogía de la función de producción con una receta de cocina (Gould, Laeazar, 1994, Varian, 1998, Sala-i-Martin, 2000) lo que nos permite simplificar el concepto al máximo (esto nos será de gran utilidad un poco más adelante).

Sin embargo, a pesar de la enorme popularidad de que goza este enfoque entre los economistas hay que ser muy cuidadosos en su aplicación debido a que la misma sencillez que la hace tan popular le infringe limitaciones considerables.

Una de estas limitaciones se impone al suponer que los factores son homogéneos y que el valor del capital está cristalizado en su precio. Estos dos pequeños factores limitan el poder explicatorio de la función de producción a las decisiones que los agentes de la producción cristalizan en la composición técnica de su función de producción, dado un cierto nivel de desarrollo tecnológico y una dotación de factores determinada, es decir, sólo nos permiten caracterizar el proceso de acumulación de una economía.

Los principales detractores de la función de producción neoclásica, en éste estricto sentido, fueron los economistas de Cambridge, Inglaterra a mediados del siglo pasado, por ello es que la discusión encarnizada que entre éstos y los neoclásicos se llevó a cabo se antoja ineludible para comprender las limitaciones, ventajas y desventajas que el uso del instrumental neoclásico en el análisis supone.

Es también común que para simplificar el modelo se suponga que la “tierra” (nombre genérico con que se denomina a los insumos que provienen de la naturaleza) esta dada (o es eterna, como se prefiera), lo que nos permitirá operar solamente con dos factores flexibles y homogéneos, el trabajo y el capital. Sin embargo, éste supuesto no sólo es poco realista sino que también es extremadamente riesgoso ya que, cómo se sabe, los insumos provenientes de la naturaleza no sólo no están dados sino que no mantienen, forzosamente, su calidad a lo largo del tiempo. El error es histórico según Daly (1994) ya que la teoría microeconómica, como la conocemos, se estableció en una época en la que el factor limitante para el crecimiento era el capital y no el capital natural (recursos naturales).

A pesar de éstas críticas, y muchas otras, la economía neoclásica ha sobrevivido hasta nuestros días estableciéndose como la corriente ideológica predominante tanto dentro de la academia como en los círculos políticos y empresariales de las naciones y del mundo, en general.

Las implicaciones de este hecho son importantes, ya que, esta lógica imprime una dinámica de comportamiento a la sociedad nacional y global actual, en general, que por lo regular pasa desapercibida por los individuos ajenos a ésta disciplina y que suelen concebirse como verdades absolutas. En palabras de Keynes... “Los hombres prácticos, que creen estar al margen de cualquier influencia intelectual, normalmente son esclavos de algún economista difunto” (Keynes, 1936)

Esto no quiere decir que la economía neoclásica haya permanecido impasible ante estas críticas, prueba de ello no son sólo los apasionados debates que con los economistas de Cambridge, Inglaterra llevaron a cabo los economistas neoclásicos sino también, entre muchas otras cosas, se encuentra la formulación de una función de producción con insumos naturales realizada por Solow y Stiglitz (1979), en donde se pretende poner de manifiesto las limitaciones que sobre el crecimiento impone la naturaleza, sin embargo éstos esfuerzos han sido aislados, insuficientes y poco fructíferos. La tendencia de los economistas neoclásicos a localizar los problemas ambientales como una externalidad del sistema no les permite ver que quizá la externalidad es su propia incompetencia que se expresa en su incapacidad para reformular su modelo en un intento serio de entender la naturaleza de las cosas y de resolver los problemas actuales, en vez de entenderla “según su punto de vista” (la economía no es un dogma, es una ciencia) y situar los problemas actuales como consecuencia de que la realidad no se adapta al modelo (todo es externalidad). En efecto, en vez de reformular el

modelo con la finalidad de incluir las restricciones que el medio ambiente impone a la economía y viceversa, los economistas neoclásicos más ortodoxos se han dedicado a idear parches para algunas de las problemáticas más graves de nuestro entorno. Si existe alguna formulación alternativa a la tradicional, que considere ciertos aspectos relevantes, su utilidad esta muy localizada y no se considera parte de la teoría económica en general, si no existe esta explicación alternativa nos deberemos conformar, entonces, con considerarla una externalidad y ajustarla lo mejor posible a la lógica intrínseca del sistema.

El hecho de no tener un modelo que explique satisfactoriamente los fenómenos que intentamos develar pone en tela de juicio el carácter científico de nuestra disciplina. Esto no es de extrañar, ya que en la mayor parte de los textos de economía se dice que un modelo es una simplificación de la realidad justificando con esto la omisión innecesaria de algunos hechos y condiciones que deben ser tomados en cuenta para la formulación del mismo. De acuerdo a Stephen W. Hawking "...una teoría es simplemente un modelo del universo, o de una parte de él, y un conjunto de reglas que relacionan las magnitudes del modelo con las observaciones que realizamos." (Hawking, 1988) sin embargo, los economistas no reconocemos a la economía como subsistema del universo sino como sistema cerrado, lo que nos impide dimensionar claramente, entre otras cosas, los efectos de la economía (como parte de vida del hombre) en la naturaleza y viceversa, porque se supone al capital natural como fijo o dado (Daly, 1994, 1996, Clayton y

Radcliffe, 1996), todo sea en nombre de la simpleza, ¿no?... perdón, de la simplificación.

Hawking continúa, en el mismo texto, diciendo “Esto sólo existe en nuestras mentes, y no tiene ninguna otra realidad (cualquiera que sea lo que esto pueda significar). Una teoría es una buena teoría siempre que satisfaga dos requisitos: debe describir con precisión un amplio conjunto de observaciones sobre la base de un amplio modelo que contenga sólo unos pocos parámetros arbitrarios, y debe ser capaz de predecir positivamente los resultados de observaciones futuras”. Ante un examen de conciencia de éste tipo los economistas neoclásicos podrán decir que su teoría explica y se ajusta a una amplia gama de fenómenos, pero se les olvida que se ajusta a una construcción contable que sólo existe en nuestras mentes y que también es reconocida por las críticas que se la han dirigido (Timbergen y Huetting, 1994, entre otros). La contabilidad nacional, como la conocemos, da cuenta de conceptos tales como producto, consumo, ahorro e inversión tal y como se concibieron en el siglo XIX y principios del XX, sin embargo, las condiciones actuales de la humanidad nos llevarían a preguntarnos si los recursos naturales no deberían incluirse dentro del ahorro o si la reposición que los capitalistas deben realizar después de un ciclo de producción para el siguiente ciclo (inversión) no se encuentra condicionada por la dotación de recursos, que afecta, en última instancia su función de costos. Esto tampoco es

nuevo, ya economistas como Gunnar Myrdal (1968) o Fernando Fajnzylber (1989) se lo cuestionaban¹.

Sin embargo, esto no quiere decir que las aportaciones de la teoría neoclásica, sobre todo su metodología, no hayan sido importantes en el desarrollo de la economía como ciencia a través del tiempo, de hecho han sido fundamentales. El problema es que ésta se ha vuelto obsoleta, ha dejado a un lado la ciencia para enarbolar las banderas de la ideología ha olvidado que “cualquier teoría... es siempre provisional, en el sentido de que sólo es una hipótesis: nunca se puede probar” (Hawkings, 1988)², y por lo tanto, se ha quedado atrincherada en sus viejas estructuras sin aceptar la existencia y la necesidad de un nuevo marco de análisis económico³.

Con base a todos éstos elementos es que los economistas contemporáneos nos vemos en la obligación de elaborar un marco teórico alternativo que nos permita explicar y predecir los fenómenos observados de manera satisfactoria, tomando como base, varios de los principios establecidos por la teoría económica. Para ello, deberemos, en algunas ocasiones, sumergirnos en discusiones que aparentemente ya se encontraban agotadas y rebasadas (aunque en la mayor

¹ Observese que ninguno de éstos se considera ambientalista o ecologista, es una cuestión de sentido común, sólomente.

² Los puntos suspensivos son míos la palabra que iba ahí es física, sin embargo se omitió por dos motivos, el primero para no romper la secuencia de la idea y segundo, porque creo que esto es aplicable a cualquier tipo de teoría.

³ Quizá, como dice el físico Max Plank “un nuevo paradigma científico no triunfa porque convenza a la mayoría de sus oponentes, sino porque éstos eventualmente mueren” refiriéndose, obviamente, a la física clásica de principios del siglo XX.

parte de los casos se encuentran olvidadas), y reconstruir sobre lo ya construido, en otras deberemos destruir y volver a construir. Los riesgos de éste trabajo son inminentes además de que el mismo es complejo y exhaustivo, sin embargo, los grandes problemas que aquejan a la humanidad actualmente, nos lo exigen.

Este texto, se encuentra inmerso en la lógica de la reconstrucción, las actuales discusiones acerca del crecimiento económico han motivado el mismo en un intento de poner en la mesa de discusión las presiones que sobre el crecimiento económico imponen los recursos ambientales. De hecho, en ésta frase se resumen los *objetivos* del trabajo, demostrar que esta relación existe y que, además, es relevante, y, por último, que ésta se expresa por las presiones que sobre la productividad de los factores impone la calidad ambiental condicionando el crecimiento económico a las relaciones que entre ambos exista.

Cabe decir, que en la mayor parte de los textos se considera la causalidad inversa, es decir, que el crecimiento afecta a la calidad ambiental olvidando cerrar el círculo causal, el razonamiento, entonces, se queda en el aire, inconcluso. La calidad ambiental puede actuar como una restricción al crecimiento o como un potencializador del mismo, dadas las condiciones actuales, y el hecho de que ésta se vea afectada por el crecimiento económico (contaminación), el crecimiento demográfico y la pobreza, entre otras cosas, hace de ésta relación un tema central dentro de la economía moderna.

La teoría económica, al hacer caso omiso de este hecho, fomenta que algunas naciones basen su crecimiento en la sobreexplotación de recursos naturales sin percatarse de que en la medida en que esto suceda, el crecimiento económico será cada vez más difícil, por el contrario, si se toma en cuenta éste y se le atiende adecuadamente el crecimiento será mucho más sencillo.

Para demostrar éste hecho se hará uso, en principio, del instrumental neoclásico, en particular de la función de producción, ya que, en primer lugar ésta me parece muy útil para comprender la composición técnica del producto de una economía y en segundo lugar, porque es una de las piedras angulares de la economía contemporánea ya que sobre ésta construcción lógica se ha desarrollado la teoría del crecimiento económico que sirve de base para la toma de decisión en materia de política económica de las naciones y del mundo. Sin embargo, a pesar de la importancia de este segundo punto, en el presente texto las discusiones en torno a la misma no serán tratadas en el presente texto, por considerar válidos los postulados centrales de la misma y las críticas que se han dirigido tanto al modelo original de Solow y Swan, como a todos los modelos de crecimiento exógeno

Partiendo de ésta base se comenzarán a añadir algunas variables que han sido excluidas del razonamiento económico por cuestiones más ideológicas que de simplicidad matemática y que confieren amplios rangos de explicatoriedad al modelo. En principio se añadirán los recursos naturales como factor de producción (Solow y Stiglitz, 1979) para posteriormente, explicitar el efecto de la calidad

ambiental en el modelo, tomando en cuenta los efectos de la entropía para el sistema (Smulders, 2000)⁴. La evidencia empírica que sustenta éstas afirmaciones será realizada para el caso de México, aunque debido a los innumerables problemas contables me queda el sinsabor de no haber podido llevar a cabo un estudio comparativo entre ésta y otras naciones, dejando éste ejercicio para otra ocasión.

En el primer capítulo se pretende dar cuenta de la función de producción, fundamentando su uso y sus propiedades tomando como marco de referencia la famosa “controversia de Cambridge” ya que, a pesar de las múltiples simplificaciones en las que se incurre en la elaboración de una función de producción agregada, ésta se mantiene como una construcción teórica correcta y eficiente para modelar la composición técnica de los factores de producción en una economía.

En la segunda parte se esbozan brevemente los argumentos de la disputa entre los teóricos del estado estable y los ambientalistas acerca del problema de la complementariedad de los factores y la sustituibilidad de los mismos. Basado en la lógica de que los factores de producción son heterogéneos (sería imposible negarlo) sostengo que no sólo es viable sino necesario utilizar, en una función de producción agregada con factores sustitutos.

⁴ Crítica de Georgescu-Roegen al modelo Solow/Stiglitz. (Daly, 1997)

El tercer capítulo del trabajo hace explícita la necesidad de incluir una variable de calidad ambiental dentro de la función de producción junto con alguna que nos permita medir el progreso técnico. Ambas variables tienen efectos importantes dentro de la productividad de los factores, por lo que son de crucial importancia para la formulación y evaluación de las políticas de crecimiento.

Por último, se presenta evidencia empírica para el caso de México en el cuál se confirman las hipótesis vertidas a lo largo del trabajo. Debido al grave problema que representa la compilación de información confiable, en la regresión se hizo abstracción de la variable de progreso técnico, sin embargo, los parámetros de la regresión se ajustaron en presencia del índice de calidad ambiental agregado develándonos los cambios implícitos de la productividad de los factores, producto del progreso técnico y, en menor medida, del marco institucional, confirmando así la idea de que la calidad ambiental restringe o potencia el crecimiento de un país, que en última instancia es la *hipótesis* del trabajo.

CAPÍTULO I

La sombra de Jevons. Disertaciones en torno a la Función de Producción Neoclásica y a la Teoría del Crecimiento Económico

En la mayor parte de los tratados modernos acerca de la teoría del crecimiento económico es común observar el comportamiento de la economía a la luz de la teoría de la producción neoclásica, y su expresión más acabada, la función de producción.

Desde la publicación de "A Contribution to the Theory of Economic Growth"⁵ en 1956, la teoría del crecimiento económico hizo suya ésta visión de la economía, incluso algunos trabajos anteriores que eran originalmente de corte keynesiano cambiaron a un formato acorde con esta perspectiva, tal es el caso del modelo de crecimiento económico de Ramsey(1928) que posteriormente fue retomado y reelaborado por Kaas(1965) y Koopmans(1965) en su versión dinámica neoclásica actual⁶.

Aunque rápidamente se mostró la limitación de ésta clase de modelos al encontrarse ante la imposibilidad de explicar el motor central del crecimiento sostenido de las economías contemporáneas, la tecnología, esta formulación

⁵ Solow, R.M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", en *Quarterly Journal of Economics*, vol 65, pp. 65-94.

⁶ Ver los trabajos de Sala-i-Martin, Xavier (2000) y Barro, Robert (1988), ambos citados en la bibliografía, entre otros.

prevaleció en el corazón de la teoría del crecimiento económico, debido a que ni las formulaciones de los teóricos del crecimiento exógeno ni las del endógeno fueron capaces de desprenderse de ésta.

En el caso de los modelos de crecimiento exógeno, la función de producción original⁷ fue sometida a manipulaciones algebraicas con la finalidad de que la suma de los exponentes de la función fuera mayor que uno, lo que implicaría que los rendimientos marginales no serían decrecientes, aunque seguirían siendo proporcionales a los rendimientos medios⁸, sino constantes o, incluso, crecientes. Éstos exponentes junto con la constante que mide la productividad total de los factores simularían el comportamiento de la función de producción en presencia de la tecnología, o por lo menos, permitirían que nos aproximáramos mucho a ella. El desarrollo más conocido, en éste sentido, es el famoso modelo AK, elaborado por Romer(1986) y Lucas(1986), siendo la versión del segundo la más famosa de las dos, y en la que la suma de los exponentes de los factores es mayor que uno, como resultado de las externalidades positivas que generan los adelantos tecnológicos en el capital agregado, para Lucas, y en el per cápita, para Romer (Sala-i-Martin, 2000). Otro modelo con éstas características es el conocido modelo de crecimiento de dos sectores que desarrolla Gregory Mankiw en su libro de Macroeconomía (2000).

⁷ Mejor conocida como Cobb-Douglas, en honor del matemático Charles Cobb y el Senador estadounidense Paul Douglas, que la desarrollaron en la década de los veinte el siglo pasado

⁸ Ver Apéndice al final del capítulo.

En el caso de los modelos de Crecimiento Endógeno, los intentos de encontrar parámetros de aproximación tecnológica han complicado enormemente el asunto, aunque en éstos ya existe un reconocimiento implícito de la heterogeneidad de los factores y del destino de la inversión, lo que difiere relativamente del cuerpo central de la teoría neoclásica de la producción⁹, el centro del análisis es el mismo, en el sentido de que se intentan encontrar combinaciones específicas de factores (por ejemplo, mano de obra calificada y no calificada o capital productivo y capital tecnológico) que, en última instancia, determinan las restricciones tecnológicas impuestas a la función de producción¹⁰

Vemos, pues, que aún las aproximaciones más modernas de la teoría del crecimiento económico contienen las conclusiones generales de la teoría neoclásica de la producción, lo que implica *afirmar* que el nivel de producción de una empresa, en el sentido estrictamente microeconómico, o el de una sociedad, si consideramos los valores agregados, depende solamente del (costo) precio relativo de los factores y de la tasa marginal de sustitución de los mismos y que,

⁹ La elección del grado de heterogeneidad de los factores a considerar no deja de ser algo arbitraria, ya que el componente agregado de éstos sigue siendo aún gigantesco. Por ejemplo, dentro de la categoría de mano de obra calificada existe aún una gran cantidad de heterogeneidad, no es lo mismo un físico cuántico que un filósofo, psicólogo o economista, lo mismo se aplica para el caso de la mano de obra no calificada, supongo que no es lo mismo un albañil que un obrero o un plomero.

¹⁰ Una vez que obtenemos una función de producción, somos capaces de inferir tanto las isocuantas (restricciones tecnológicas) como los isocostos de los factores, en particular, los segmentos en que ambas son tangentes, es decir, el punto en el que tasa marginal de sustitución de los factores de producción es igual a su precio relativo o a su relación de intercambio (Varian, 1997). De esto se deduce que si encontramos una función de producción, cuyos factores sean heterogéneos, la combinación de los mismos estará sujeta a las propiedades que la función de producción misma establece, como por ejemplo el hecho de que la Relación Marginal de Sustitución entre la mano de obra calificada y la no calificada sea igual a su relación de intercambio implica, forzosamente, que ambas son sustituibles a un cierto precio.

además, el costo de cada factor es igual a su productividad marginal. Lo que implica ésta afirmación es que la producción total de una economía depende enteramente del lado de la oferta y que, por lo tanto, no existe ningún factor de demanda que la limite o la expanda. En todo caso, la curva de demanda de la economía solamente indicará el precio que esta dispuesta a pagar la sociedad en su consumo para cada cantidad ofrecida.

Y en este sentido el presente texto no es una excepción, ya que en él se hace uso de una versión *ampliada* de la función de producción neoclásica. Ampliada porque, en primer lugar, se considera la aportación y comportamiento de los recursos naturales en la misma y, en segundo lugar, porque integra endógenamente los efectos de la calidad ambiental y, exógenamente, los de la tecnología

Ésta aproximación es del todo *funcional* para los fines que se persiguen en el presente texto (discernir las presiones que sobre el crecimiento económico imponen los recursos ambientales) ya que es claro que los empresarios tratan de minimizar sus costos, lo que implica maximizar sus beneficios, de acuerdo a las señales de precios de los factores que emite el mercado¹¹. Sin embargo, la utilidad de ésta clase de planteamientos es bastante limitada y debe ser considerada cuidadosamente para emitir juicios de valor acerca de la relación que guardan los

¹¹ Aunque sabemos que el precio de mercado de los recursos naturales no refleja el costo social real de los mismos y, por lo tanto, están distorsionados, los agentes de la producción se basan en ellos para tomar sus decisiones. Por otro lado, la calidad ambiental también influye directamente en las decisiones que dichos agentes toman, ya que, la calidad de los recursos y el costo de su manejo (reciclaje, tratamiento de residuos tóxicos, penalizaciones legales, etc.) influyen de manera importante en los mismos.

factores con la producción, e incluso con la distribución, ya que si bien es cierto que la utilización de ésta herramienta confiere un gran margen de utilidad para evaluar ciertas propiedades del proceso de crecimiento de una economía (la relación que guarda la producción con las decisiones de los empresarios acerca de la combinación factorial óptima de la misma, dada cierta restricción técnica) también presenta limitaciones importantes por el lado de la demanda y de la distribución del ingreso para evaluar propiedades concretas de las trayectorias de crecimiento.

Hacer caso omiso de éstas limitaciones puede ser un grave error, como lo demuestran las estrafalarias afirmaciones que algunos de los exponentes más notables de la teoría del crecimiento económico y algunas instituciones, han hecho en varios de sus trabajos.

Uno de las más importantes es, sin duda, el Informe para América Latina, 1997 presentado por el Banco interamericano de Desarrollo (BID), al que se le denominó "América Latina tras una década de reformas. Progreso económico y social en América Latina". El objetivo de éste trabajo era evaluar los avances de la región como resultado del programa de reformas estructurales que se habían aplicado en los distintos países de acuerdo a las recomendaciones del Consenso de Washington y elaborar recomendaciones prácticas para los países, usando las herramientas de las que la teoría del crecimiento económico nos dota. Sin embargo, el texto está plagado de afirmaciones descabelladas como por ejemplo,

en la página 64 del mismo se afirma que “Por sí solas, mayores reformas financieras pueden aportar cerca de 0.5 puntos adicionales al crecimiento económico permanente” o que “Este esfuerzo adicional en educación (aumentar en un año el nivel educativo en la región) permitiría elevar en 1 punto el potencial promedio de crecimiento permanente en la próxima década” como se afirma en la página 68, sin tomar en cuenta las enormes referencias al “que hubiera si no hubiera”.

La idea que subyace a ésta serie de afirmaciones es la de que los empresarios deciden su nivel de producción con base en la productividad marginal de los factores (su costo) y en sus restricciones técnicas, por lo tanto, si la calidad de los factores se elevara, vía la educación, por ejemplo, la productividad marginal de éstos aumentaría lo que acrecentaría *permanentemente* la producción de una economía. Una vez que ésta mejora se lleve a cabo, los empresarios *siempre* estarían produciendo en un nivel mas alto que en el que producían anteriormente, sin embargo quizá la afirmación correcta sería que los empresarios siempre podrían producir más con la misma cantidad de factores debido, precisamente a los aumentos en la productividad, sin embargo, puede ser que decidan producir lo mismo pero con menos capital y trabajo, eso depende de la distribución del ingreso y de las restricciones de demanda de la economía en su conjunto.

Es importante tomar en cuenta estas consideraciones en un trabajo de esta naturaleza, ya que si bien es cierto que, como señaló Kaldor (1956) una función de

producción es un “retrato” simplificado del proceso de acumulación de la economía en un periodo de tiempo dado, en función de las características intrínsecas de su dotación de factores, (y éste es el sentido funcional que tiene en el texto), también es cierto que el nivel de producción de una economía esta influido por consideraciones más importantes que el costo de los factores y su productividad marginal.

Tomar en cuenta las limitaciones de éste modelo para explicar y sacar conclusiones acerca de algunos aspectos concretos empíricos es un ejercicio importante que no debemos perder de vista a lo largo del presente texto.

Sin embargo, éste no es un tema nuevo, todas estas limitaciones, ventajas y desventajas de la función de producción fueron el marco central de una de las discusiones más prolíferas y encarnizadas de la historia de la economía entre varios de los más grandes exponentes de la teoría económica del siglo pasado, y aunque la discusión parece rebasada, la disputa protagonizada, a principios de la década de 1950 y hasta principios de 1970, por los economistas de Cambridge, Inglaterra y los de Cambridge, Massachussets, arroja luz sobre ésta problemática aunque ésta nunca haya sido resuelta satisfactoriamente¹².

¹² Amén de que los puntos de vista defendidos por los teóricos de Cambridge, Inglaterra distan mucho de ser homogéneos y sencillos, los argumentos defendidos por ambos bandos son de distinta naturaleza, mientras que la Escuela Inglesa está interesada en la comparación de las propiedades de las diferentes trayectorias de crecimiento sostenido o proporcional, los teóricos neoclásicos no están seguros de que dicha comparación sea importante, y se enfocan básicamente a defender la idea de que la función de producción sólo refleja eficientemente el proceso de acumulación de la economía y nada más allá de eso (Harcourt y Lang, 1977, Jones, 1988). La discusión entonces, estuvo enmarcada en un ámbito fuertemente ideológico y en las dificultades que surgen cuando el entendimiento y las pasiones se involucran de tal manera que la intención

Las diferencias metodológicas y filosóficas entre los economistas de la Escuela Inglesa, D. G. Champernowne, Lord Kahn, Nicholas Kaldor, Luigi Pasinetti, Joan Robinson y Piero Sraffa, y los de la Italiana, Garegnani, Nuti y Spaventa, con los de Cambridge Massachussets, Samuelson y Solow, y con Swan acerca de lo que es un buen modelo, un supuesto razonable o una conclusión aceptable., fueron uno de los motivos centrales que impidieron que se llegara a una conciliación entre ambos bandos, o por lo menos a una tregua, ya que uno y otro estaban viendo distintos lados de la misma moneda¹³.

Éstas diferencias tienen su génesis, fundamentalmente, en las distintas influencias teóricas de las que parten ambos grupos, en el caso de los teóricos de Cambridge, Inglaterra, fueron fundamentalmente la teoría keynesiana, el método de análisis ricardiano y la teoría de la acumulación del capital de Marx (Jones, 1988), en el caso de los defensores del enfoque de Cambridge, Massachussets, irónicamente encontramos también a Ricardo, pero principalmente, su teoría del valor y de la producción, siendo ésta el nodo alrededor del cual giran las aportaciones de ésta escuela. En realidad esta idea de cómo abordar el problema de la producción, del valor y de la distribución es anterior a los orígenes de la discusión, e incluso a la génesis keynesiana, ya que el primero en utilizar una función de producción intertemporal y de enunciar la idea de un estado estacionario fue Jevons(1872)

del presente capítulo, lejos de intentar resolver la discusión sólo pretende poner de manifiesto las dificultades y limitaciones que entraña el uso de una función de producción neoclásica.

¹³ Solow llegó a escribir... “He abandonado hace mucho tiempo la creencia de que los participantes en éste debate se comunican” (1962).

que sostiene que cada nivel de producción y cada insumo se distinguen por el momento en que ocurren. Cabe decir, irónicamente también, que los modelos neoclásicos de dos sectores, que pueden ser generalizados para n sectores, deben suponer que la composición de los factores de la función de producción es homogénea, es decir, es la misma en toda la economía, a lo que también podemos denominar “composición orgánica de capital uniforme”, un concepto que Marx utiliza en el tomo I y II del Capital. Si éste supuesto se rompe, entonces, las fronteras del salario no serán lineales sino que las de un sector serán lineales y las de otro curvilíneas generando una incongruencia importante dentro del modelo, comúnmente conocida como readopción (reswitching o double switching). Lo que caracteriza a la readopción es el hecho de que la misma técnica de producción para uno de los bienes es la más rentable para valores muy altos y muy bajos de la tasa de beneficio (Jones, 1988)¹⁴ lo que contradice uno de los postulados microeconómicos centrales de la teoría de la producción (convexidad estricta de las isocuantas).

Con estas diferencias teóricas como el telón de fondo de la discusión entre ambos bandos no es de extrañar, entonces, que el conflicto se situara, primordialmente, en el comportamiento, el papel y la composición del capital y en la propensión marginal a ahorrar pero, sobre todo, en su composición sectorial.

¹⁴ Este fue uno de los argumentos más importantes que hizo tambalear al edificio neoclásico y fue una crítica directa al modelo de dos sectores enunciado por Samuelson (1962).

Sin embargo, debido a los fines que a éste trabajo competen, nos enfocaremos únicamente a la primera cuestión, los debates en torno a la “controversia del capital”, como se le conoce, centrándonos en dos de los frentes fundamentales de discusión, sobre los que abrieron fuego los “economistas de Inglaterra”¹⁵: la heterogeneidad del capital y la determinación de su valor.

Quizá el primer punto, la heterogeneidad de la composición del capital, es más simple de dilucidar, ya que, el razonamiento es del todo intuitivo. A éste respecto, los teóricos ingleses sostienen que debido a la heterogeneidad intrínseca de los factores es imposible encontrar un único valor, para cada uno de éstos, en particular, para el capital, que nos permita agregarlos para modelar su comportamiento satisfactoriamente¹⁶. Además, ésta misma heterogeneidad implica una complementariedad distinta entre los factores, es decir, que las discrepancias de sus naturalezas implica una diferenciación técnica importante, en términos más sencillos y concretos, un arado es distinto a un tractor y éstos a un azadón y requieren proporciones distintas de trabajo para su explotación eficiente

¹⁵ Los llamaremos así para diferenciarlos de los autores neoclásicos, sin embargo, ya sabemos que no todos fueron ingleses.

¹⁶ De hecho, Joan Robinson, en su famoso artículo de 1953, detonador principal de éste conflicto, señala que... “Al estudiante de teoría económica, se le enseña a escribir $O=f(L,C)$, donde L es una cantidad de trabajo, C una cantidad de capital y O una tasa de producción de bienes. Se le pide suponer que todos los trabajadores son iguales, y que mida L en horas-hombre de trabajo; se le dice algo acerca del problema de números índices involucrado en la elección de una unidad de producto, y luego debe pasar de prisa a la cuestión siguiente, con la esperanza de que no se le ocurra preguntar en que unidades se mide C. Antes de que llegue a preguntar ya se habrá convertido en profesor, y así se transmiten de una generación a la siguiente hábitos de pensamiento torpe” (1953)

Con respecto al segundo frente de ataque, la determinación del valor del capital, el problema es muchísimo más complejo y, a todas luces, menos intuitivo y consta de dos argumentos complementarios, ya que el segundo deriva del.

El primero de ellos fue desarrollado, básicamente por Piero Sraffa, en su trabajo denominado "Production of commodities by mean of commodities", publicado en 1960, sin embargo, las proposiciones centrales del mismo se establecieron a mediados de los años veinte. Estas ideas junto con las enunciadas por Wicksell¹⁷ dieron forma a la propuesta de Joan Robinson(1953) de medir el capital en términos de tiempo de trabajo fechado (o capital real, como ella lo denominó).

La idea consiste básicamente, según la lógica de Sraffa(1960) en sustituir los diversos medios de producción en la ecuación de un bien por una serie de cantidades de mano de obra, cada una de acuerdo a su "fecha" apropiada.

Para entender éste razonamiento, deberemos partir de de una función de producción para cualquier bien específico, digamos a, en donde se expresen los salarios y los precios en términos del bien a y que, además, relacione los medios de producción con el trabajo, de tal manera que dicha función se pueda expresar de la siguiente forma:

$$(A_a p_a + B p_b + \dots + K_a p_k)(1+r) + L_a w = A p_a$$

¹⁷ Wicksell, J.G.K.. (1934), "Lectures on Political Economy", traducido al inglés de la 3ª edición., por E. Classen, Routledge and Kegan Paul.

Posteriormente se sustituyen los medios de producción de A por sus propios medios de producción y cantidades de mano de obra, es decir los sustituimos por sus propias funciones de producción, y en virtud de que dichos medios y mano de obra se habrán gastado un año antes, se multiplicarán por un factor de ganancia a tasa compuesta durante el periodo apropiado, o sea los bienes de producción por $(1+r)^2$ y la mano de obra por $(1+r)$, en seguida sustituimos los medios de producción por sus propios medios de producción y mano de obra y los multiplicamos por el factor de ganancia de un año más, y así sucesivamente hasta obtener la ecuación reducida a cantidades fechadas de mano de obra, cuya expresión algebraica es una serie infinita que se expresaría de la siguiente forma:

$$L_a w + L_{a_1} w(1+r) + \dots + L_{a_n} w(1+r)^n = Ap_a$$

Lo que se observa, entonces, es una función de producción expresada, exclusivamente, en términos de salarios y beneficios, por lo tanto, una función de producción cualquiera no puede ser independiente de la distribución y los precios. Y dado que ésta ecuación relaciona al capital con el producto, más no a la inversa, el producto de un bien o de una economía depende de la distribución y de los precios y no a la inversa, como sostiene la teoría neoclásica.

Y como el valor del capital según los teóricos de Inglaterra, se encuentra determinado por la distribución del ingreso y los precios y no por el costo del mismo, entonces, el valor del capital en cualquier periodo de tiempo determinado

puede ser considerado también a la luz de las ganancias futuras esperadas del mismo y no del costo.

Esta última parte es el segundo argumento de la discusión acerca de la determinación errónea del valor del capital por parte de los neoclásicos. Esta última idea fue puesta en la mesa de discusión por Joan Robinson(1953) que señala que “El valor de un equipo depende de sus ganancias futuras esperadas. Puede considerarse como las ganancias futuras descontadas hasta el presente a una tasa correspondiente a la tasa de interés vigente. En condiciones de equilibrio son iguales al precio de oferta (en el sentido anterior) y el valor de un equipo en todas las etapas de su vida”

Vemos pues que, entonces, los dos argumentos con que los economistas ingleses atacaron la ideología neoclásica acerca de la determinación del valor del capital es la misma idea con horizontes temporales diferentes. Aún así, los valores deben ser aproximadamente los mismos ya que el valor presente descontado tanto de las ganancias por realizar como de las ya realizadas debe ser simétrico. En otras palabras, si ya se realizó una tercera parte del valor de un capital, esto implica que faltan por realizarse dos terceras partes y viceversa. En ambos horizontes temporales, como vemos, la distribución del ingreso y los precios son fundamentales ya que las ganancias futuras del capital estarán determinadas, en última instancia, por estos factores.

Aunque los argumentos esbozados por los economistas de Inglaterra son del todo pertinentes y se encuentran fundamentados en reflexiones bastante sólidas, presentan un grave problema conceptual: su aplicación para la resolución de problemas de carácter empírico es sumamente compleja, a grados tales que su aplicación se antoja imposible.

Ante esta serie de ataques, los economistas neoclásicos no tardaron en responder, basando su defensa en dos puntos centrales. El primero de ellos se refiere a la cuestión abordada en el párrafo anterior, la imposibilidad de poner en funcionamiento modelos de ésta naturaleza para la resolución de problemas prácticos, mientras que el segundo, se refiere a la pertinencia y funcionalidad de la función de producción neoclásica para la obtención de conclusiones generales acerca de las características del proceso de acumulación.

Algunas de las respuestas neoclásicas más conocidas a ésta serie de cuestiones, enmarcadas en la lógica del segundo argumento, ha tomado desde formas conceptuales simples como la “parábola de la mercancía única compuesta” (Solow, 1956) o a la similitud entre el capital y el meccano (Swan, 1956), hasta formas y modelos más complejos como el modelo de readopción de Samuelson.

En términos más formales, Swan utilizó el método de índices en cadena de Champernowne al que le añadió el supuesto de que el capital era tan maleable

como un meccano, evitando así los problemas de corte transversal en el índice¹⁸. Solow, en cambio, utilizó el supuesto de la existencia de una economía de un solo bien sosteniendo que éste supuesto evitaba los problemas inherentes en el manejo de la función de producción agregada para una economía en su conjunto. De hecho es a éste trabajo al que se hace referencia en el segundo párrafo del presente capítulo, cuando se hablaba del origen de la corriente teórica e ideológica que prevalece en la teoría del crecimiento económico aún hasta estos días.

En fin, como se señaló líneas arriba, la intención de ésta breve exposición, lejos de intentar resolver la discusión sólo pretende poner de manifiesto las dificultades y limitaciones que entraña el uso de una función de producción neoclásica, sus ventajas y desventajas, para situar de forma muy concreta los alcances del presente texto.

La intención del mismo, entender las presiones que sobre el crecimiento económico imponen los recursos ambientales, nos lleva a analizar el problema a la luz de las decisiones concretas que toman los empresarios para maximizar su

¹⁸ En su trabajo Swan sostiene que “Afortunadamente, los economistas generalmente esperan que aún los agregados muy complicados como el producto contengan en alguna forma, para ciertos propósitos, algo de verdad “en sentido de los números índices”, un sentido que no depende literalmente de los supuestos fantásticos requeridos para evitar todas las ambigüedades de los números índices... No es sorprendente que el manejo del concepto del capital en un proceso de cambio tropiece con grandes dificultades. Una pieza de equipo durable o un conjunto de bienes en proceso tienen dimensiones en el tiempo que reúnen secuencias de insumos demandados u ofrecidos en fechas distintas. La agregación de capital en un solo acervo en un momento dado corresponde así a una agregación de todo el proceso económico, no sólo en sección transversal (que genera los problemas ordinarios de números índices) sino también en el tiempo mismo; en otras palabras, la reducción de un sistema de ecuaciones retrasadas de orden muy alto –donde cada acontecimiento, sus orígenes en el pasado y sus consecuencias futuras, podrían fecharse debidamente y rastrear hacia atrás y hacia delante en el tiempo- a otro sistema más manejable con menores retrasos.”

función de beneficios, dada cierta restricción de demanda en la economía. Y como estas decisiones se ven reflejadas en la composición factorial de la función de producción de los empresarios a lo largo del tiempo, (ya que se asume que una vez que los empresarios fijan la producción al observar la curva de demanda de la economía todo depende, en última instancia, de los precios relativos de los factores y de su productividad), se considera, entonces, que la función de producción neoclásica es una aproximación óptima para resolver los enigmas que entraña esta problemática.

Aún considerando que los agentes de la producción no son estáticos y que, por lo tanto, adaptarán su dotación de recursos a la composición técnica de su función de producción al mismo tiempo que realizan nuevas inversiones de acuerdo a las condiciones que prevalezcan en el mercado de factores¹⁹ el uso de dicha función está justificado, básicamente por la parábola del meccano de Swan. De hecho, la consideración de ésta posibilidad es la que me llevó a elaborar un Modelo de Corrección de Errores (MCE) para la verificación empírica de la hipótesis, en el último capítulo del presente texto.

En conclusión, la función de producción neoclásica será de gran utilidad en éste caso, ya que de lo que se trata es aislar el comportamiento maximizador (no se si por naturaleza) de los empresarios en presencia de la degradación ambiental, que

¹⁹ Éste hecho fundamental, me llevó a considerar la posibilidad de realizar un Modelo de Corrección de Errores (ECM, por sus siglas en inglés) para la verificación empírica de la hipótesis.

afecta directa o indirectamente la productividad de los factores y por lo tanto la función de costos de los empresarios y su tasa de beneficio. Se trata, en resumen, de observar una función de producción "real", que se encuentra encubierta en la observada, sobre éste punto volveremos con más detalle en los siguientes dos apartados.

Apéndice

Algunas propiedades de la Función de Producción Cobb-Douglas

En general, en la teoría económica se habla de función de producción para referirse a una ecuación que relaciona la cantidad de producción con diversas cantidades de trabajo y de capital. La forma funcional como se relacionan el capital y el trabajo para determinar la cantidad de producto es un reflejo de las restricciones tecnológicas de la economía, por lo tanto, la forma funcional que asuma puede ser muy diversa dependiendo de la naturaleza de la producción que describa.

Entonces, una función de producción cualquiera se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y = f(K, L)$$

En donde la cantidad producida se representa como Y, el capital como K y la cantidad de mano de obra como L.

De hecho, a lo largo del capítulo, utilizamos una función de producción en términos nominales, establecida por Sraffa, sólo para entender la lógica de su propuesta, sin embargo, con cualquier otra función de producción en términos nominales puede verificarse que su lógica es acertada.

Ahora bien, a pesar de que existen gran cantidad de formas funcionales, como se puede estudiar en cualquier curso básico de microeconomía, la forma funcional más utilizada por la Teoría del Crecimiento Económico y por los economistas neoclásicos es la establecida por Charles Cobb, matemático, y Paul Douglas, economista, en 1927, conocida, en su honor, como función de producción Cobb-Douglas.

Dicha función ha ocupado éste lugar privilegiado en la historia de la economía, debido a que describe, de manera concreta²⁰, la forma en que las economías transforman el trabajo y el capital en producción, y a que exhibe propiedades específicas de acuerdo a los postulados centrales del pensamiento neoclásico.

La función deriva de observaciones de Douglas acerca del comportamiento de los factores y de la producción en los Estados Unidos. Douglas observa una larga serie de tiempo de ésta variables y nota que las participaciones de los factores, independientemente del nivel de producción se mantienen constantes a lo largo del tiempo, por lo que le pregunta a Cobb si es que existe una función de producción que estableciera éstas participaciones constantes de los factores si

²⁰ Tal y como lo demuestra Douglas(1948)

éstos siempre ganaban su producto marginal, el resultado fue la siguiente expresión²¹:

$$Y = f(K, L) = AK^\alpha L^{(1-\alpha)}$$

Donde A es un parámetro que mide la productividad conjunta de los factores, es decir, mide la productividad de la tecnología existente²², α es un parámetro entre cero y uno que mide la participación del capital en el producto o en otras palabras, determina que proporción de la renta le corresponde al capital y cual al trabajo, Y, K y L fueron definidos con anterioridad.

Ahora bien, en primer lugar, ésta función tiene rendimientos constantes a escala, es decir, si el capital y el trabajo se incrementan en cierta proporción, el producto se incrementará también en esa misma proporción.

Para ver esto, supongamos que el capital y el trabajo se incrementan, en una proporción β , lo que implica que:

$$f(\beta K, \beta L) = A\beta K^\alpha \beta L^{(1-\alpha)}$$

Desarrollando la ecuación, para cambiar la forma funcional, se obtiene:

$$f(\beta K, \beta L) = A(\beta^\alpha K^\alpha)(\beta^{(1-\alpha)} L^{(1-\alpha)})$$

$$f(\beta K, \beta L) = A(\beta^\alpha \beta^{(1-\alpha)})(K^\alpha L^{(1-\alpha)})$$

$$f(\beta K, \beta L) = A\beta(K^\alpha L^{(1-\alpha)})$$

$$f(\beta K, \beta L) = \beta A(K^\alpha L^{(1-\alpha)}) = \beta f(K, L) = \beta Y$$

Como vemos el producto se incrementa en la misma cantidad que los factores.

²¹ Estas reflexiones las describe Paul Douglas en su artículo de 1948 (Ver bibliografía)

²² Es, en realidad, un residuo de los incrementos en las cantidades de capital y trabajo, lo que explica su significado.

También tiene rendimientos marginales decrecientes en cada uno de sus factores, como veremos a continuación:

$$PML = \frac{\partial f(K,L)}{\partial L} = (1-\alpha)AK^\alpha L^{(-\alpha)}$$

y

$$PMK = \frac{\partial f(K,L)}{\partial K} = (\alpha)AK^{\alpha-1}L^{(1-\alpha)}$$

Que son los productos marginales de ambas ecuaciones, cuyas segundas derivadas son:

$$\frac{\partial^2 f(K,L)}{\partial^2 L} = (1-\alpha)(-\alpha)AK^\alpha L^{(-1-\alpha)}$$

$$\frac{\partial^2 f(K,L)}{\partial^2 L} = (-\alpha + \alpha^2)AK^\alpha L^{(-1-\alpha)} < 0$$

y

$$\frac{\partial^2 f(K,L)}{\partial^2 K} = (\alpha)(\alpha-1)AK^{(\alpha-2)}L^{(1-\alpha)}$$

$$\frac{\partial^2 f(K,L)}{\partial^2 K} = (\alpha^2 - \alpha)AK^{(\alpha-2)}L^{(1-\alpha)} < 0$$

ya que: $0 < \alpha < 1$

Entonces, la función debe tener un máximo a partir del cual comenzará a descender, lo que implica que los rendimientos marginales de cada factor son decrecientes.

Por último, tomando los productos marginales y manipulándolos algebraicamente obtenemos:

$$\begin{aligned}
PML &= (1 - \alpha)AK^\alpha L^{(-\alpha)} \\
PML &= (1 - \alpha)AK^\alpha L^{(-\alpha)}(1) \\
PML &= (1 - \alpha)AK^\alpha L^{(-\alpha)}\left(\frac{L}{L}\right) \\
PML &= (1 - \alpha)\left(\frac{AK^\alpha L^{(1-\alpha)}}{L}\right) \\
PML &= (1 - \alpha)\left(\frac{Y}{L}\right)
\end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned}
PMK &= (\alpha)AK^{\alpha-1}L^{(1-\alpha)} \\
PMK &= (\alpha)AK^{\alpha-1}L^{(1-\alpha)}(1) \\
PMK &= (\alpha)AK^{\alpha-1}L^{(1-\alpha)}\left(\frac{K}{K}\right) \\
PMK &= (\alpha)\left(\frac{AK^\alpha L^{(1-\alpha)}}{K}\right) \\
PMK &= \alpha\left(\frac{Y}{K}\right)
\end{aligned}$$

Que es la propiedad específica que buscaba Douglas, que la participación de los factores en el producto fuera constante si éstos ganaban su producto marginal, lo que también indica que la productividad marginal de cada factor es proporcional a su productividad media.

Éstas propiedades y desarrollo son del todo comunes en los libros de crecimiento económico, microeconomía y macroeconomía, por lo que pueden ser encontrados en cualquier texto de ésta naturaleza pero, fundamentalmente, en el texto de macroeconomía de Gregory Mankiw (2000).

CAPÍTULO II

La (intr)omisión de los Recursos Naturales en la Función de Producción Neoclásica.

En el capítulo anterior se estableció la necesidad y pertinencia de utilizar una función de producción neoclásica para comprender la naturaleza del proceso de acumulación en una economía. También se señaló, en el mismo, la necesidad de ampliar la función añadiendo a los recursos naturales, como factor de producción, e introduciendo un parámetro que mida la calidad ambiental lo que nos permitirá modelar y explicar los efectos que tiene la degradación ambiental en el crecimiento de la economía.

La inserción de dichas variables puede parecer simple a primera vista, sin embargo la naturaleza intrínseca de éstas hace que las consecuencias de tomarlas en consideración no sean triviales. Tomarlas en cuenta nos remite, antes que nada, a un sistema abierto, en donde el sistema económico interactúa con el sistema natural y en donde la interdependencia mutua es enorme. Esto es de gran trascendencia dentro de nuestro análisis ya que, tradicionalmente, el sistema económico se ha considerado como un sistema cerrado en donde se produce y que se reproduce sin la intrusión de ningún agente externo al sistema, lo que no sería del todo descabellado si suponemos que los recursos naturales están dados, (esto implica reconocer que de alguna manera son infinitos).

Este supuesto, tan común dentro de la teoría económica, no se desprende de una visión estrábica de la realidad sino que tiene una amplia justificación histórica, lo que si denota una visión de éste tipo es que, actualmente, siga siendo una de las piedras angulares dentro de nuestro análisis (Daly, 1994, 1996, 1997, Pearce, 1985, Martínez Alier y Roca Jusmet, 2001, Clayton y Radcliffe, 1996, etc.).

Refiriéndose a este hecho histórico Daly(1994) sostiene que hemos pasado de “un mundo lleno a uno vacío” ya que no obstante en los orígenes de la economía neoclásica la principal restricción al crecimiento era la escasez de capital y los recursos naturales se antojaban infinitos, en la economía contemporánea éste papel se ha revertido como resultado de los enormes procesos de acumulación de la humanidad y de la descomunal tasa de crecimiento demográfico de la que fue testigo el siglo XX. En ésta época, entonces, las recursos naturales ya no pueden ser omitidos como factor de producción para el estudio de la economía debido a que, cada vez más, fungen como una restricción al el crecimiento.

Tomar en consideración este hecho nos exige profundizar en la naturaleza intrínseca de los recursos naturales y en la forma como se relacionan con la producción.

Es esto, precisamente, lo que exige a la teoría económica a reconsiderar la antigua concepción de la economía para situarla ahora como un sistema abierto con importantes interacciones con el sistema natural.

Los recursos naturales, como el trabajo, se generan, en gran medida, fuera del sistema económico, aunque ambos son afectados por él. En particular, los recursos naturales son producto de un sinnúmero de interacciones complejas, tanto químicas como biológicas y físicas, que tienen lugar dentro del sistema natural y que se ven afectadas a su vez por los deshechos y desperdicios (contaminación), resultado de la degradación energética –entropía- que sufren los recursos naturales mismos cuando son sometidos a los procesos de transformación industrial.

Aunque la degradación energética no es exclusiva de los procesos industriales (ya que, de hecho, dentro del sistema natural mismo existe éste proceso de degradación energética), la forma en que ésta interfiere en los ecosistemas es entendida como choques exógenos que atentan contra su estabilidad.

Reconocer éstas interacciones que entre ambos sistemas se suscitan es de vital importancia para comprender la forma en que los recursos naturales interfieren en el proceso de acumulación de una economía y viceversa, ya que la contaminación tiene, en primer lugar, una dimensión física que se manifiesta en el cambio en el ambiente físico y por ende de la composición de las especies del ecosistema lo que afecta la calidad de los recursos naturales y, por lo tanto a su productividad como insumos de la función de producción de una economía; en segundo lugar, la contaminación tiene un componente cualitativo que refleja las tecnologías usadas en el proceso productivo, lo que, en última instancia, también interfiere con la

calidad de los factores y; tercero, la contaminación afecta la madurez del sistema lo que disminuye la capacidad del mismo para absorber nuevos choques, haciendo que cada vez sea más difícil reproducir las condiciones iniciales en las que se encontraban los recursos antes de iniciar el ciclo de la producción (Pearce, 1976)

Las implicaciones de éste hecho son más amplias de lo que podría parecer a primera vista, ya que, los efectos de la contaminación, pueden no sólo afectar la calidad de los recursos naturales, sino que también pueden afectar la calidad del trabajo, al deteriorar la salud de las personas, y la del capital, al afectar la calidad o el precio de los mismos como resultado de la escasez o baja calidad de los insumos materiales de los que están compuestos, entonces la contaminación afecta la productividad general de los factores²³.

La inclusión de los Recursos Naturales, dentro de la función de producción es necesaria, entonces, porque refleja las restricciones técnicas del proceso productivo (el segundo punto acerca de los efectos de la contaminación), mientras que la inclusión de una medida de calidad ambiental reflejará los efectos de las condiciones físicas del ecosistema y, por lo tanto, su madurez (primer y tercer punto).

²³ Para una revisión mucho más detallada de cómo funciona un ecosistema revítese el texto de economía Ambiental de David Pearce(1976) o el de Clayton y Radcliffe(1996). Sin embargo, el texto del primero ofrece una explicación mucha más concisa acerca del tema.

Entonces, por un lado, debido a que hemos pasado de un mundo *lleno* a uno *vacío* es importante tomar en cuenta la cantidad de Recursos Naturales que son añadidos dentro de la función de producción, y por otro, ésta inclusión conlleva la aceptación de las complejas interacciones entre el sistema económico y el natural lo que implica considerar no sólo la cantidad de recursos sino también la calidad de los ecosistemas y sus efectos en la productividad de los factores, lo que justifica ampliamente la búsqueda y utilización de una función de producción que considere los tome en consideración.

En el presente capítulo se analizarán las consecuencias de añadir los recursos naturales como factor dentro de la función de producción, mientras que en el siguiente se revisarán los efectos de la inclusión de un índice de calidad ambiental dentro de la misma.

Sin embargo, es necesario decir que esta primera idea, añadir los recursos naturales dentro de una función de producción neoclásica, no es nueva, en particular, Stiglitz y Solow (1979) fueron los primeros en hacerlo, quizá para responder a las críticas y constantes ataques de los que fue víctima la Teoría del Crecimiento Económico por parte de algunos teóricos del Estado Estable, como Georgescu-Roegen (1975) o Daly (1994, 1996, 1997, entre muchos otros).

En efecto, años antes, Solow(1974) había dicho que si llegaba un punto en el que fuera muy sencillo sustituir los recursos naturales por otros factores, entonces, en principio, no debería haber ningún problema ya que el mundo podría, en efecto,

continuar sin recursos naturales, esta declaración causó la indignación de los ecologistas y, en particular, de los teóricos del Estado Estable. Daly, recordando este momento, argumenta en contra de esta idea de la siguiente manera: “Desde que la función de producción es a menudo explicada como una receta técnica, entonces podríamos decir que la receta de Solow indica como hacer un pastel sólo con el cocinero y su cocina. No necesitamos harina, huevos, azúcar, etc., ni electricidad o gas natural ni cortar leña. Si queremos un pastel mas grande, el cocinero simplemente revuelve más rápido en un tazón más grande y cocina el tazón vacío en un horno más grande que de alguna manera eleve su temperatura por sí mismo. El cocinero tampoco tiene que hacer ninguna limpieza, porque la receta de producción no produce desperdicios. No hay cortezas, cáscaras, vainas, cascarrones o residuos, ni tampoco hay residuos caloríficos del horno, por lo que deba ventilarse. Aún más, nosotros podemos hacer no sólo un pastel, sino cualquier clase de platillo –una sopa de quimbombó, un pollo frito, paella, “bananas foster”, cerezas, “jubilee”- ¡todo sin preocuparse para nada de lo cualitativamente diferente de los ingredientes!. Las recetas reales en los recetarios reales, en contraste, comienzan con una lista específica de los ingredientes y sus cantidades” (1997)²⁴. Georgescu-Roegen también respondió a Solow: “Uno debe tener un muy erróneo punto de vista del proceso productivo en su conjunto para

²⁴ Traducción del autor (T.A), las comillas en las palabras que se encuentran dentro del párrafo traducido son del autor y se deben a que no se pudo encontrar el significado específico de éstas, por lo que se mantuvieron en su idioma original, para evitar cambiar el sentido.

no ver que hay factores no materiales aparte de los recursos naturales. Sostener que 'el mundo puede, en efecto, seguir adelante sin recursos naturales' es ignorar las diferencias entre el mundo actual y el jardín del Edén" (1975)²⁵.

Pero éstas críticas mordaces no fueron la única motivación de éste intento, aún Solow y Stiglitz reconocieron que era importante integrar éste factor dentro de la función de producción. Solow, en un artículo muy posterior, recuerda los motivos por los que consideraron importante llevar a cabo semejante experimento: "Nosotros estábamos tratando de pensar acerca de una interesante e importante cuestión: ¿Qué tanto de la prolongación del crecimiento futuro, aún en el caso de la sustentabilidad de la producción corriente, podría llevarse a cabo por la disponibilidad limitada de los recursos naturales y los insumos que proveen?" (1997)²⁶.

Entonces, la forma funcional de la ecuación de producción con recursos naturales, que utilizaremos es la siguiente:

$$Y = f(K, L, P) = AK^\alpha L^\beta P^\omega$$

en donde: $\alpha + \beta + \omega = 1$

En donde P se refiere a la cantidad de recursos naturales utilizados en la producción y ω es su participación relativa en la formación del producto. Como se señaló anteriormente, la contrapartida de la cantidad de recursos utilizados para la

²⁵T.A.

²⁶T.A.

transformación industrial y el consumo humano, encuentra una contraparte en la contaminación que de ésta degradación se desprende, por ello un concepto u el otro es valido para medir dicha participación, por ello a éste factor se le denotó con la letra P, que es la inicial de contaminación en inglés (pollution)²⁷.

Esta función es conocida, comúnmente, con el nombre de “Función Solow-Stiglitz” en honor de estos dos economistas, que fueron sus precursores. Las propiedades de la misma serán revisadas en el apéndice del capítulo, por lo que por el momento, no nos detendremos a analizarlas.

Sin embargo, a pesar de que esta nueva formulación implicaba un reconocimiento implícito a las críticas de los economistas del Estado Estable (los recursos naturales pueden actuar como una restricción al crecimiento por lo que es importante considerarlo dentro de la función de producción), la forma funcional obtenida no fue del todo satisfactoria para estos críticos de la economía.

El motivo fundamental de ésta insatisfacción se refiere al hecho de que una función de producción de éste tipo (Cobb-Douglas aumentada, digamos) supone forzosamente que los factores son sustitutos²⁸ lo que implica que conforme la cantidad de recursos naturales utilizados tienda a cero, el acervo de capital aumentaría para compensar este efecto y mantener el mismo nivel de producto²⁹.

²⁷ Esta notación fue tomada de Smulders(2000)

²⁸ Ver Capítulo 1

²⁹ De una función de producción Cobb-Douglas, se pueden inferir isocuantas estrictamente convexas, que por definición, cumplen con ésta condición.

Para los teóricos del estado estable esto no es posible ya que, desde su punto de vista, ningún proceso de producción consiste en transformar enteramente una materia en otra, por lo tanto el capital y los recursos naturales no pueden ser sustitutos perfectos, además, los recursos naturales son diferentes a los otros dos factores, ya que de éstos provienen tanto el sustento para el trabajo como el material con el que se produce el capital y con el que se producen los bienes que pretenden sustituir a los recursos naturales mismos(Daly, 1994, 1997)³⁰.

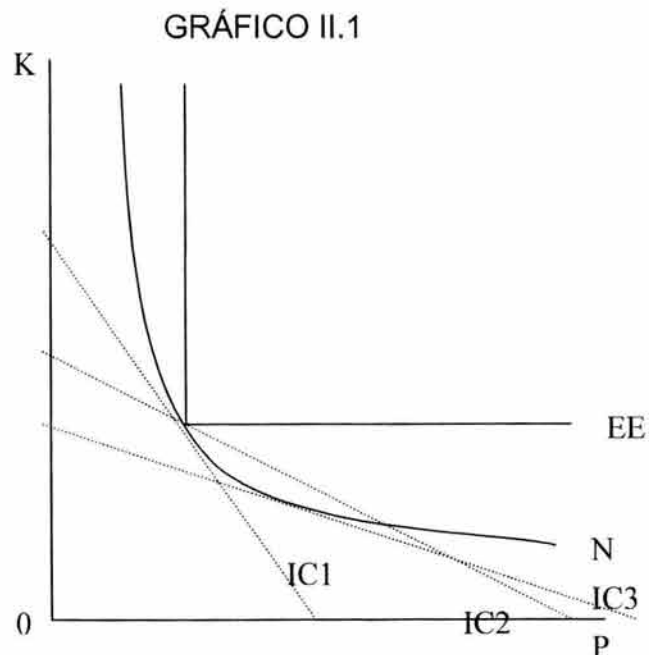
De este razonamiento, ellos infieren que los factores de la producción no son sustitutos sino complementos, que para cada unidad de producto existe una combinación fija de factores y que el aumento o la disminución de cualquiera de ellos conllevará un movimiento del nivel de producto y de los demás factores (dado que las combinaciones son fijas) en el mismo sentido.

La respuesta a éstas críticas, por parte de los defensores de la función de producción neoclásica, no se hizo esperar, éstos sostienen que es difícil creer que una economía tenga una y sólo una posible combinación de factores para cada nivel de producto y que la sustituibilidad entre capital y recursos naturales se refiere a la disminución de la contaminación y el desperdicio o al posible uso de materiales cuyo utilización era imposible antes, entre otras cosas (Pearce, 1994 y Solow, 1997).

³⁰ La idea central se puede comprender con el siguiente ejemplo: se puede intentar sustituir madera con plástico, lo que significa cuidar los árboles, pero el plástico requiere petróleo, lo que implica aumentar la explotación de éste recurso. Sea como sea se requieren recursos naturales, por ello nada es un sustituto perfecto, por lo menos bajo esta lógica.

En realidad, en ésta discusión los economistas del Estado Estable no comprenden las implicaciones de la función de producción debido a que confunden los fundamentos micro y macroeconómicos que la sustentan.

Como se señaló en una nota al pie anterior, de una función de producción Cobb-Douglas y por lógica de una Solow-Stiglitz, se pueden inferir isocuantas estrictamente convexas, que indican que la sustituibilidad entre los factores no es, de ningún modo, perfecta. Aún más, conforme aumente la cantidad de un bien sobre cualquiera de éstas curvas, sus posibilidades de sustitución irán decreciendo. (Varian, 2000). Por otro lado, los teóricos del Estado Estable, al sugerir que los factores son complementos perfectos, suponen entonces que las isocuantas son ángulos rectos con soluciones en la diagonal y con una y sólo una función de producción. En términos geométricos, ambos puntos de vista se pueden visualizar en el siguiente gráfico:

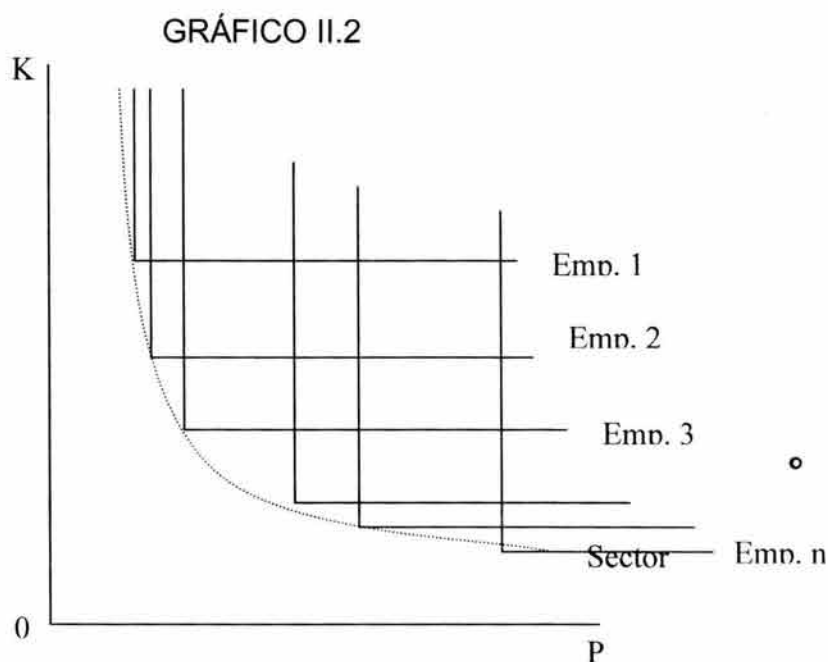


El eje horizontal representa la cantidad de recursos naturales (P), y el vertical, la cantidad de capital. La curva denominada N , representa una isocuanta cuyo comportamiento se infiere de la función de producción Solow-Stiglitz, mientras que N representa una isocuanta tal y como la conciben los seguidores de Daly (con factores complementarios). Las rectas $IC1$, $IC2$ e $IC3$, representan distintas restricciones de costos (isocostos). Dado que los agentes minimizarán sus costos (maximizarán sus beneficios) siguiendo la condición de tangencia, para el caso de restricciones tecnológicas convexas, o la de condición de diagonalidad, se observa que restricciones convexas generan distintas funciones de producción, mientras que las restricciones complementarias generan una y sólo una, y además, es lineal.

El meollo del asunto es el siguiente, una función de producción agregada debe tener por lo menos cierto grado de sustituibilidad, aún suponiendo que las empresas que forman esa economía tengan funciones de producción únicas, resultado de restricciones técnicas complementarias, como se observa en el gráfico II.2, aún si cada empresa de un sector determinado tuviera restricciones técnicas complementarias, las restricciones técnicas del sector serían convexas o aún peor podrían tener otra forma³¹, lo que de todas maneras no asegura una sola función de producción agregada.

³¹ Aunque éste caso es posible, en el presente trabajo se omite ya que una isocuanta que no fuera estrictamente convexa podría tener dos soluciones óptimas, ninguna o hasta más, por lo que se considera un caso atípico.

El único caso en que esto pasaría sería cuando la restricción tecnológica de todas las empresas que pertenezcan al sector sea la misma, lo que es un supuesto, a todas luces, absurdo³².



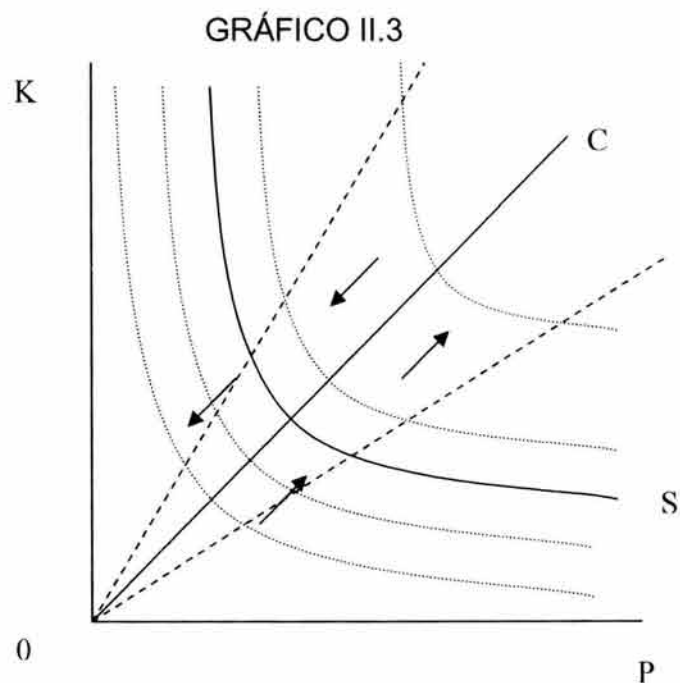
Otra forma de resolver el problema es obteniendo las funciones de producción de cada empresa y sumarlas para agregarlas y, dado que tenemos funciones de producción lineales con distinta pendiente, es fácil demostrar que lo que nos daría sería una función de producción de la forma Solow-Stiglitz³³. Si todo esto es cierto, para un sector, cuanto más debe serlo para una economía en su conjunto.

³² Este hecho implica que todas las empresas tienen los mismos proveedores, compran las mismas máquinas, tienen el mismo capital financiero, los mismos costos de transporte, la misma cuenta de luz, etc.

³³ Por cuestiones de espacio, no se representará gráficamente esta idea, sin embargo es fácil demostrarlo, generando las distintas funciones de producción de las isocuantas arriba descritas y sumándolas para formar una sola función (Varian, 2000). Falta aclarar la cuestión de que lógicamente la curva será discreta y no continua, sin embargo, podemos suponer que si son muchas empresas, se puede considerar a la curva como continua.

Aunque ésta confusión esta presente en la crítica de los economistas del Estado Estable, no dejan de tener razón cuando señalan que es imposible producir o aún vivir sin recursos naturales, de hecho esto sería así aún con pocos recursos naturales, lo que implica que la función de producción presenta también ciertas restricciones, ya que sería imposible producir con ciertas combinaciones de factores.

Una forma resumida de observar todos estos hechos se representa geométricamente en el siguiente gráfico:



En primer lugar, en este gráfico se observa el punto de vista de los neoclásicos, representado por la isocuanta denominada S, las curvas punteadas y las flechas indican que el plano es denso y que para cada nivel de producto existen distintas combinaciones de factores. Además queda claro, según el comportamiento de las

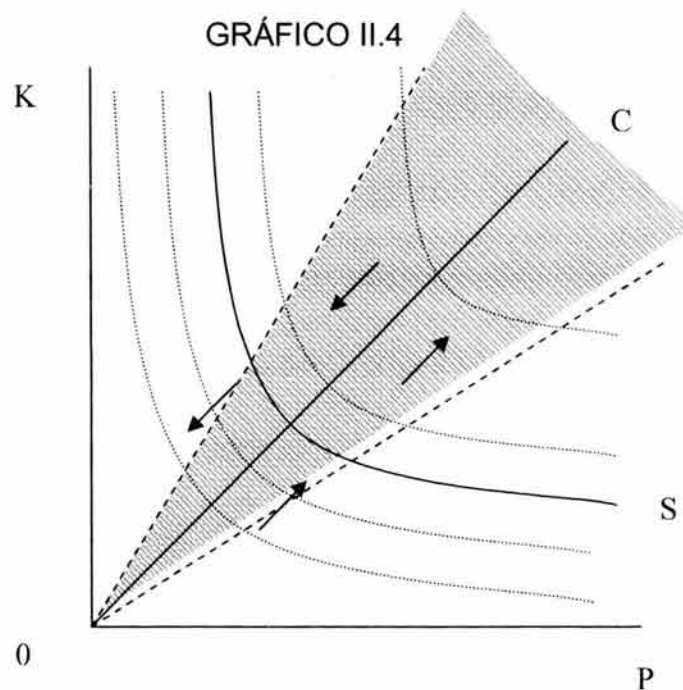
curvas que dado un nivel de producto, un aumento del acervo de capital debe ser compensado por una disminución en la cantidad de recursos naturales y viceversa y que, además, la sustitución de un factor por otro es cada vez más costosa a medida que sus cantidades aumentan.

Por otro lado, la recta C indica una trayectoria en la que los factores son complementarios, observamos que desde éste punto de vista a cada nivel de producto le corresponde una y sólo una combinación de factores, un incremento del producto se corresponde con un aumento de ambos factores y una caída del mismo con una caída de su composición factorial.

Por último, el área enmarcada por las líneas rayadas, que se encuentran a 25° y a 75° , con respecto al eje horizontal, nos indican que si bien es cierto que existe sustituibilidad entre los factores de la producción, ésta tiene un límite, es decir, no podremos producir por debajo de cierta cantidad de capital o de recursos, en particular no podemos producir cuando uno de los dos sea cero. Se necesitan todos los factores para producir y la condición de que el capital dependa de los recursos naturales y éstos del capital para ser extraídos y procesados nos marca un límite a la sustitución.

Obviamente las "fronteras de sustitución" del gráfico fueron colocadas arbitrariamente con fines ilustrativos, la determinación de dichas fronteras se puede, establecer, sin embargo colocando restricciones a la composición técnica de la función de producción con base en ciertas condiciones físicas de los

materiales. De acuerdo a las condiciones enunciadas anteriormente, sabemos que aún sustituyendo ciertos recursos por capital, éstos productos sustitutos siguen dependiendo de los recursos naturales, entonces, las fronteras de producción estarán determinadas en los puntos a partir de los cuáles sustituir un factor por otro tenga costos sociales mayores que sus beneficios, o que su costo de



oportunidad sea mayor que no hacerlo.

En realidad la obtención de éstas fronteras es algo frugal, debido al hecho de que las condiciones impuestas por la teoría microeconómica a la función de producción asegura que los agentes de la producción preferirán una combinación media de factores y no una que sólo utilice gran cantidad de un factor y muy poco de los

otros, lo que implica que no se elegirán combinaciones que se encuentren fuera del área sombreada.

Entonces, después de todo éste análisis se puede concluir que aunque la inclusión de los recursos naturales dentro de la función de producción no esta exenta de problemas y complicaciones los alcances de la función Solow-Stiglitz son lo suficientemente sólidos como para poder extraer conclusiones acertadas acerca de las restricciones técnicas que los recursos naturales imponen sobre la trayectoria de crecimiento de una economía.

Sin embargo, esto no basta ya que el proceso es muy dinámico; pues si bien es cierto que la función de producción Solow-Stiglitz indica las restricciones técnicas que éstos tres factores imponen sobre el proceso de acumulación de la economía, también es cierto que éste afecta la calidad de los recursos naturales, lo que determinará, en última instancia, la función de producción para el siguiente periodo (por los efectos que sobre la productividad de los factores tiene este hecho).

Por ello, si consideramos solamente la cantidad de factores utilizados en el proceso productivo de una economía, estaremos dejando de lado un hecho fundamental, la calidad ambiental, que afecta veladamente las decisiones de los agentes de la producción de una economía³⁴. La importancia de éste círculo

³⁴ La causalidad es la siguiente: la función de producción afecta la calidad del medio ambiente a través de la contaminación que produce, la calidad afecta el precio de los factores (gastos en salud, cambios en la calidad del capital, escasez de recursos naturales, cambios en la calidad de los recursos naturales, etc.) lo que se refleja en la productividad de los mismos, los cambios en la productividad afectan las decisiones de los empresarios a la hora de elegir la combinación óptima de factores para producir en el siguiente periodo, ésta

causal es trascendental, si queremos dilucidar las restricciones que el sistema natural impone al económico, por ello debemos tener esto en mente cuando analicemos la manera en que se introducirá la calidad ambiental dentro de la función de producción Solow-Stiglitz a lo largo del siguiente capítulo.

Apéndice

Algunas propiedades de la Función de Producción Solow-Stiglitz

Sea la función de producción Solow-Stiglitz, ya definida a lo largo de este capítulo:

$$Y = f(K, L, P) = AK^\alpha L^\beta P^\omega$$

$$\text{donde } \alpha + \beta + \omega = 1$$

la que implicará que:

$$\alpha = 1 - \beta - \omega$$

$$\beta = 1 - \alpha - \omega$$

$$\omega = 1 - \alpha - \beta$$

Ahora analizaremos sus propiedades fundamentales.

En primer lugar, la función también tiene rendimientos constantes a escala, para demostrar éste hecho deberemos verificar si cuando se incrementan los factores en una proporción cualquiera, digamos z , el producto se incrementa en la misma medida³⁵:

$$Y = f(zK, zL, zP) = AzK^\alpha zL^\beta zP^\omega$$

elección (expresada en términos de la función de producción) afecta la calidad ambiental, etc... la causalidad está completa!!

³⁵ La notación del incrementado fue cambiada, con respecto a la utilizada en el apéndice anterior para no causar confusión, debido a que en ésta función, la participación relativa del trabajo en el producto es β .

Desarrollando la ecuación, para encontrar la forma funcional requerida, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 Y &= f(zK, zL, zP) = A(z^\alpha K^\alpha)(z^\beta L^\beta)(z^\omega P^\omega) \\
 Y &= f(zK, zL, zP) = A(z^\alpha z^\beta z^\omega)(K^\alpha L^\beta P^\omega) \\
 Y &= f(zK, zL, zP) = A(z^{(1-\beta-\omega)} z^\beta z^\omega)(K^\alpha L^\beta P^\omega) \\
 Y &= f(zK, zL, zP) = Az(K^\alpha L^\beta P^\omega) \\
 Y &= f(zK, zL, zP) = zA(K^\alpha L^\beta P^\omega) = zf(K, L, P) = zY
 \end{aligned}$$

Lo que demuestra nuestra afirmación.

En segundo lugar, los rendimientos marginales, también son decrecientes, para demostrarlo obtendremos, primero, la productividad marginal de cada factor:

$$\begin{aligned}
 PML &= \frac{\partial f(K, L, P)}{\partial L} = \beta AK^\alpha L^{(\beta-1)} P^\omega \\
 PMK &= \frac{\partial f(K, L, P)}{\partial K} = \alpha AK^{(\alpha-1)} L^\beta P^\omega \\
 PMP &= \frac{\partial f(K, L, P)}{\partial P} = \omega AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-1)}
 \end{aligned}$$

Y posteriormente las segundas derivadas de cada uno de éstos:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 L} &= (\beta)(\beta - 1)AK^\alpha L^{(\beta-2)} P^\omega \\
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 L} &= (\beta^2 - \beta)AK^\alpha L^{(\beta-2)} P^\omega < 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 K} &= (\alpha)(\alpha - 1)AK^{(\alpha-2)} L^\beta P^\omega \\
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 K} &= (\alpha^2 - \alpha)AK^{(\alpha-2)} L^\beta P^\omega < 0
 \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 P} &= (\omega)(\omega - 1)AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-2)} \\
 \frac{\partial^2 f(K, L, P)}{\partial^2 P} &= (\omega^2 - \omega)AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-2)} < 0
 \end{aligned}$$

ya que $0 < \alpha, \omega, \beta < 1$

Entonces, la función debe tener un máximo a partir del cual comenzará a descender, lo que implica que los rendimientos marginales de cada factor son decrecientes.

Por último, tomando los productos marginales y manipulándolos algebraicamente obtenemos:

$$\begin{aligned}PML &= \beta AK^\alpha L^{(\beta-1)} P^\omega \\PML &= \beta AK^\alpha L^{(\beta-1)} P^\omega (1) \\PML &= \beta AK^\alpha L^{(\beta-1)} P^\omega \left(\frac{L}{L}\right) \\PML &= \beta \left(\frac{AK^\alpha L^{(\beta-1+1)} P^\omega}{L}\right) \\PML &= \beta \left(\frac{AK^\alpha L^\beta P^\omega}{L}\right) \\PML &= \beta \left(\frac{Y}{L}\right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}PMK &= \alpha AK^{(\alpha-1)} L^\beta P^\omega \\PMK &= \alpha AK^{(\alpha-1)} L^\beta P^\omega (1) \\PMK &= \alpha AK^{(\alpha-1)} L^\beta P^\omega \left(\frac{K}{K}\right) \\PMK &= \alpha \left(\frac{AK^{(\alpha-1+1)} L^\beta P^\omega}{K}\right) \\PMK &= \alpha \left(\frac{AK^\alpha L^\beta P^\omega}{K}\right) \\PMK &= \alpha \left(\frac{Y}{K}\right)\end{aligned}$$

y

$$PMP = \omega AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-1)}$$

$$PMP = \omega AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-1)}(1)$$

$$PMP = \omega AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-1)} \left(\frac{P}{P} \right)$$

$$PMP = \omega \left(\frac{AK^\alpha L^\beta P^{(\omega-1+1)}}{P} \right)$$

$$PMP = \omega \left(\frac{AK^\alpha L^\beta P^\omega}{P} \right)$$

$$PMP = \omega \left(\frac{Y}{P} \right)$$

Que indica que la productividad marginal de cada factor es proporcional a su productividad media.

Vemos pues, que la función Solow-Stiglitz conserva las propiedades de la función Cobb-Douglas.

CAPÍTULO III

Progreso Técnico v.s. Calidad Ambiental: Cerrando el círculo

Como se señaló en la parte final del capítulo anterior, para que una función de producción nos permita obtener una aproximación eficiente al proceso de acumulación real de una economía y a las restricciones que el medio ambiente impone a la misma, debemos considerar la calidad de los bienes ambientales como parte inherente de su forma funcional, sólo así lograremos cerrar el círculo causal que relaciona al sistema natural con el económico.

En realidad esto es muy complejo, debido a que los efectos de la degradación ambiental³⁶ en la economía son amplios y se encuentran muy dispersos, sin embargo, el enfoque que se adoptará a lo largo del presente texto intentará vincular el sistema natural y el económico a través de los efectos de la degradación ambiental en la productividad de los factores³⁷.

Aunque esta relación parece obvia, si nos apegamos a la línea de razonamiento que se ha venido siguiendo a lo largo del texto, la teoría económica sólo le reconoce esta propiedad al progreso técnico y sostiene, además, que sus efectos siempre son benéficos.

³⁶ Entendida como la inversa de la calidad ambiental.

³⁷ De el círculo causal planteado en la parte final del capítulo 2, se puede deducir que la relación causal medio ambiente-economía se expresa, en buen parte, en la productividad de los factores, mientras que la economía-medio ambiente se expresaría por la productividad del sistema (pérdidas o ganancias en la biomasa)

En primer lugar, tanto la calidad ambiental como el progreso tecnológico afecta a lo productividad de los factores, el primero a través de la salud de la mano de obra, de la calidad y de la cantidad de los insumos y del capital físico³⁸, mientras el segundo lo hace aumentando la intensidad o la eficiencia de la explotación tanto de la mano de obra como de los recursos naturales a través de mejoras en las técnicas de producción. Por otro lado, esto determina las restricciones técnicas de la economía, que como vimos en el capítulo anterior definen los niveles de contaminación y, por lo tanto, la degradación ambiental. Entonces, ambos elementos se encuentran estrechamente ligados entre sí y convergen conjunta y expresamente en la función de producción, por ello es importante considerar ambos dentro de ésta.

En segundo lugar, el considerar erróneamente que el progreso técnico siempre tiene efectos positivos en la productividad de los factores es cerrar los ojos de antemano a lo que la realidad nos presenta como evidencia empírica, forzando los modelos para ajustarlos a nuestra teoría. Si observamos los efectos de la tecnología sólo en el corto plazo y a través del comportamiento de la productividad factorial, haciendo caso omiso de la calidad ambiental, veremos que es cierto, sin embargo, si extendemos el horizonte de tiempo y agregamos la calidad ambiental como parámetro explicativo conjunto, encontraremos que los efectos del progreso técnico son, en realidad, en ambos sentidos, tanto positivos como negativos, como

³⁸ Ver capítulo 2

resultado de sus efectos indirectos en la salud como en la calidad de los recursos naturales producto de una sustituibilidad relativa³⁹. Atribuirle al progreso técnico éstas propiedades, siempre positivas, equivale a otorgarle propiedades mágicas sólo atribuidas a la “Lámpara de Aladino”, pero la economía no es magia, aunque a veces se asemeje a la alquimia (Hendry), para tapar un hoyo necesitamos sacar tierra de otro hoyo, a toda acción positiva corresponde una negativa y esto es evidencia empírica, esto es ciencia no hechicería (o más bien chapucería), por lo tanto, debemos ser cuidadosos cuando trabajemos utilizando éste concepto, nada es un maná del cielo.

El caso de la tecnología, aplicada directamente a los recursos naturales es un buen ejemplo. La aplicación de cócteles hormonales ha mejorado definitivamente la productividad por hectárea de la función de producción agrícola, en general (éste es el efecto que reconoce la teoría), sin embargo, la presión de éste “aumento” en la productividad de los factores en la función de producción agrícola ha tenido fuertes repercusiones sobre la calidad de la tierra, de tal manera que a cada aumento de productividad año con año le corresponde una caída de la calidad de la tierra que genera presiones en contra de la función de producción en su conjunto, por lo que cada vez deben de utilizarse más mezclas químicas, fertilizantes, ingeniería genética, etc., para mantener los niveles de producción competitivos y compensar la caída en la calidad del recurso. Conforme más

³⁹ Ver nota al pie N° 30.

avanzamos en este sentido más cerca estamos del límite⁴⁰. Además, este patrón tan tecnificado en la agricultura tiene importantes efectos en la salud humana lo que afecta la productividad del factor en la función de producción de la economía en general, por efecto de las enfermedades, cansancio, intoxicaciones, envejecimiento prematuro, obesidad, etc. Además el consumo hídrico de dicho patrón es excesivo y la deforestación que implica es elevada lo que tiene importantes efectos en el cambio climático, entre muchas otras cosas⁴¹.

Como éste hay cientos de casos, y lo que se observa es que los efectos de la productividad de los factores son considerables, la mecanización, por ejemplo, implica mayores niveles de producción (porque se eleva la productividad de los factores) pero implica también mayor contaminación aérea, las manipulaciones genéticas sobre la ganadería y el “Síndrome de las Vacas Locas” son otro ejemplo, el cambio climático, y por ende los niveles de precipitación, y la deforestación, la disminución de los acervos pesqueros en el mundo, etc.⁴²

Es obvio que esto no sólo se aplica para el caso de la producción, éstos problemas se reconocen en todos los ámbitos de la vida del hombre, el patrón de

⁴⁰ Un caso muy conocido entre los especialistas es el del Valle Imperial en la parte oeste de los Estados Unidos, que es una de las regiones más avanzadas del mundo en cuanto al desarrollo y tecnificación de este sector.

⁴¹ Estas han sido algunas de las preocupaciones de varias de las más importantes organizaciones internacionales como la FAO y la OECD, al igual que en la mayoría de las ONG. Para encontrar información que sustente estas afirmaciones pueden revisarse las paginas en Internet de dichas instituciones y de Green Peace, entre otras.

⁴² Para éstos casos, se pueden consultar las mismas fuentes y muchas más.

consumo es otra fuente importante de daño ambiental al igual que los mecanismos de distribución y mercadeo.

Sin embargo, a pesar de todas estas observaciones, para los economistas más ortodoxos esta gama de eventos son sólo externalidades negativas, resultado de la distorsión de precios en el mercado, nada tiene que ver que la economía contemple su ciencia como un conjunto cerrado o que la tecnología sea vista como un maná del cielo que aumenta la productividad sin un costo que no sea monetario. Para ellos, la teoría económica contempla todos los elementos necesarios, sólo que cuando la realidad se equivoca hay que reprenderla y explicarle que de acuerdo a la teoría está actuando mal (corregir la externalidad), en vez de reconocer que el marco teórico de la economía contemporánea ya fue rebasado y que, por lo tanto, debe ser revisada y corregida porque sino corre el riesgo de caer en el anacronismo y el desuso.

A veces, incluso, se incurre en gran cantidad de confusiones teóricas que llevan a conclusiones y análisis errados de nuestro entorno, por ello, es importante reconocer que hacer abstracción de los efectos de la calidad ambiental y suponer que la tecnología siempre tiene efectos positivos en la función de producción de una economía no es una forma eficiente de hacer ciencia económica en éstos tiempos. Pues aunque la teoría económica ortodoxa no reconozca estos efectos como inherentes al sistema de producción capitalista, la realidad es que los agentes enfrentan modificaciones importantes en su función de costos, debido a

los efectos netos (progreso técnico + cambio en la calidad ambiental) de éstos en la productividad de los factores.

Entonces, la necesidad de desarrollar este enfoque, integrando en la función de producción Solow-Stiglitz, variables que nos permitan medir o aproximar el estado actual de los ecosistemas y del progreso tecnológico para relacionarlos con la productividad de los factores, se hace patente ante la importancia de cerrar el círculo causal economía-naturaleza y viceversa, lo que nos dotará de un marco teórico más adecuado para entender la esencia de los fenómenos del mundo que nos rodea.

A pesar de la trascendencia de este hecho, para el mundo económico contemporáneo, los esfuerzos por integrar ambos sistemas, utilizando éstas variables, han sido pocos y se encuentran aislados y desarticulados, sin embargo, un importante esfuerzo, en éste sentido, es el modelo elaborado por Sjak Smulders(2000). Cabe decir, que el modelo de Smulders es bastante complejo debido a que el autor elabora condiciones de equilibrio para ambos sistemas, por ello es que su aproximación es un complejo sistema de ecuaciones matemáticas, con poca aplicación en el análisis empírico, pero de gran utilidad para la comprensión de los enormes problemas que plantea la interacción de ambos sistemas.

En su modelo, Smulders supone la existencia de tres esferas que interactúan constantemente dentro del mismo, la esfera ambiental, la esfera de la producción

y la del consumo, y los principales agentes son, entonces, las empresas, por el lado de la producción, y las familias, por el lado del consumo. Es obvio, que el autor hace abstracción del mercado externo y del gobierno, lo que nos acerca a un modelo de flujo circular con recursos naturales, en donde ambos sistemas tienen puntos de equilibrio que pueden o no ser simultáneos, de hecho, lo más probable es que no lo sean.

El modelo, en su forma más generalizada está constituido por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$(III.1) \quad Y \equiv C + I \quad \text{equilibrio del mercado}$$

$$(III.2) \quad Y = f(N, P, K, T, L) \quad \text{tecnología}$$

$$(III.3) \quad \kappa = \partial K / \partial t = I - \delta K \quad \text{acumulación}$$

$$(III.4) \quad \nu = \partial N / \partial K = E(N) - P \quad \text{productividad del sistema natural}$$

$$(III.5) \quad W = \int_0^{\infty} U(C, N)^{(-\rho)} dt \quad \text{Utilidad intertemporal}$$

En donde N es un indicador de la calidad ambiental, P es el uso de los servicios del medio ambiente en la producción⁴³, E(•) es la capacidad de absorción del medio ambiente, Y es la producción agregada de la economía, K es el stock de

⁴³ Como se señaló, éste valor se puede ver, por un lado, como el flujo de recursos añadidos dentro de la función de producción tal y como lo plantearon Solow y Stiglitz en su trabajo o por el otro, como el resultado de la transformación industrial que sufrieron los recursos durante el proceso de producción (contaminación, depredación)

capital hecho por la mano del hombre (man-made capital), T es el estado de la tecnología, C es el consumo de bienes producidos, $U(\bullet)$ es la utilidad instantánea, ρ es la tasa de descuento, κ es un indicador de la inversión neta de la economía con respecto al tiempo y ν nos indica algo análogo para el sistema natural, ya que es la calidad ambiental neta del ecosistema en función del tiempo t (esto se explicará un poco más adelante)⁴⁴. Cabe decir que todas las variables están en función del tiempo t . y se asume que:

- ▶ $\partial f / \partial N \geq 0; \partial f / \partial P \geq 0; \partial f / \partial K \geq 0; \partial f / \partial T \geq 0; \partial f / \partial L \geq 0;$ los insumos contribuyen de manera no negativa a la producción.
- ▶ $\partial U / \partial C > 0; \partial U / \partial N \geq 0;$ los bienes de consumo y los bienes ambientales (amenities) no presentan aversión entre ellos.
- ▶ $N \geq 0; P \geq 0; C \geq 0; K \geq 0; Y \geq 0; N \geq 0,$ no están restringidas positivamente.

Los valores iniciales $N(0)$ y $K(0)$ están dados, al igual que $T(t)$.

Ahora bien, las dos primeras ecuaciones del sistema indican que la oferta de bienes es igual a su demanda. La oferta se encuentra determinada por la función de producción, en donde hay tres tipos de insumos, capital hecho por la mano del hombre o artificial (K), los insumos naturales (P) y la mano de obra (L) y dos indicadores que afectan la productividad de los factores, la calidad ambiental (N) y el progreso técnico (T). No es difícil observar que esto no es más que la ecuación

⁴⁴ La notación de estos dos últimos indicadores ha sido cambiada por razones técnicas. El software que estoy utilizando no tiene ni la N ni la K con un punto arriba, que es la notación estándar para denotar una ecuación dinámica.

de producción ampliada a la que se hacía referencia en capítulos anteriores, que no es más que una función de producción Solow-Stiglitz a la que se le han añadido los indicadores de productividad arriba señalados.

Ahora bien, con respecto a la ecuación (III.4), ésta nos indica que cada unidad utilizada de P implica una reducción del stock de recursos naturales y de su calidad, N . Entonces, de acuerdo con ésta relación, la contaminación y la extracción de recursos puede ser contrarestanda por la capacidad de absorción del sistema $E(\bullet)$. Por lo tanto, el equilibrio ecológico (definido por $\nu = 0$) sólo puede ser mantenido si la contaminación se iguala a la capacidad de absorción del sistema.

Las preferencias de la sociedad, son también modeladas en la función de utilidad (III.5) con los bienes de consumo producidos (C) y los bienes ambientales (N) como argumentos, lo cual nos permite tomar en cuenta la existencia de valor en los bienes y servicios ambientales y su aportación a la función de utilidad de los consumidores⁴⁵.

Sin embargo, como los objetivos del trabajo se encuentran enmarcados dentro de la lógica de la función de producción y ésta, a su vez, depende del equilibrio del

⁴⁵ Ésta es una variación personal sobre el modelo original. La idea es que de ésta función de utilidad se pueden inferir los segmentos tangentes de las restricciones presupuestarias de los agentes con las distintas curvas de indiferencia para los diferentes niveles de utilidad. El autor solamente considera para ello canastas de bienes de consumo, sin embargo, la utilidad se encuentra también supeditada al comportamiento de los bienes naturales, en particular aquellos considerados como "amenities", por lo que para evitar omisiones graves deben considerarse canastas de bienes de consumo en contraposición con canastas de bienes ambientales.

sistema natural que determina la calidad ambiental (N), las únicas ecuaciones que consideraremos en el mismo serán la (III.2) y la (III.4).

Entonces, continuaremos la exposición planteando y analizando la forma funcional específica que hace el autor de la función de producción agregada del sistema. La relación concreta de dicha función, se infiere directamente de la ecuación (II.2) y asume la siguiente forma:

$$(III.6) \quad Y = (aN^X)(T_L L)^\alpha (K^\beta)(T_P P)^\omega \quad \text{en donde: } \alpha + \beta + \omega = 1$$

En ésta ecuación T_L representa el trabajo aumentado por la acción del progreso tecnológico (intensificación), T_P es el aprovechamiento mas eficiente o los “recursos naturales aumentados” por la acción del progreso técnico, aN^X es el término de productividad total que depende positivamente de la calidad ambiental⁴⁶, Y es el producto, K el capital, L la cantidad de fuerza de trabajo, P la cantidad de recursos naturales y α , β y ω son elasticidades producto del trabajo, capital y recursos naturales, respectivamente (todas ellas positivas y menores o iguales a 1).

En éste modelo T_L y T_P son determinadas exógenamente y se relacionan de la siguiente manera:

$$(III.7) \quad \begin{aligned} T &\equiv (aT_L^\alpha T_P^\omega)^{1/(1-\beta)} \\ T &\equiv (aT_L^\alpha T_P^\omega)^{1/(1-\alpha-\omega)} \end{aligned}$$

⁴⁶ Aunque todo éste término es la productividad total de los factores, a lo largo del siguiente capítulo se intentarán aislar ambos factores, por lo que es importante señalar que el exponente X que afecta la calidad ambiental (N) indica el efecto real de la calidad ambiental en la productividad de los factores. Es decir, nos indica el peso específico de la propagación de los efectos de la depredación en la productividad de cada uno de los factores (Véase Apéndice)

Lo que nos indica que el aumento total (productividad total) en la economía es idéntica a los aumentos conjuntos del trabajo y de los recursos naturales ponderado por la inversa de la participación total del trabajo y de los recursos naturales. Esto implica que la productividad total es sólo una parte proporcional de la participación de ambos factores en la función de producción de la economía y equivale a decir que la tasa de crecimiento de la productividad total es constante a una tasa g supuesta o estimable, dependiendo del caso.

Por lo tanto:

$$(III.7a) \quad T^{(1-\beta)} \equiv aT_L^\alpha T_P^\omega$$

Entonces, la función de producción puede describirse de la siguiente manera:

$$(III.8) \quad Y = aN^x L^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega$$

Ahora bien, aunque la teoría neoclásica del crecimiento supone que el progreso tecnológico es un “maná del cielo”, existen fuertes evidencias de que es producto de costosos proyectos de investigación y desarrollo (R&D, por sus cifras en inglés) y también de onerosos estudios de publicidad realizados explícitamente con la intención de desarrollar nuevas estrategias y tecnologías, es por esto y por lo ya señalado en capítulos anteriores, que los economistas han buscado con insistencia formas de considerar de manera eficiente el progreso técnico como una variable endógena dentro del modelo.

El intento de Smulders en éste sentido se sustenta en aceptar, antes que nada, que la Tecnología (T) es, en parte, un resultado de los esfuerzos en R&D

realizados por las empresas y, que la parte restante se debe a desarrollos exógenos de científicos, ingenieros o a la suerte misma. El autor expresa éste supuesto haciendo a T una función de la tecnología exógena (T_x) y del conocimiento (re)producibile (H), o mejor dicho, la parte que le corresponde a la R&D, entonces:

$$(III.9) \quad T \equiv T_x^{(1-\gamma)} H^\gamma \quad 0 \leq \gamma < 1$$

Y substituyendo esta expresión en la función (III.8), encuentra que:

$$(III.10) \quad Y = a N^X L^\alpha K^\beta H^{\gamma(1-\beta)} T^{X(1-\gamma)(1-\beta)} P^\omega$$

En donde aunque el nivel de progreso técnico depende, proporcionalmente, del gasto realizado en I&D y de las innovaciones tecnológicas exógenas, éste sigue siendo proporcional a la participación conjunta del trabajo y de los recursos naturales en la función de producción.

Entonces, estas variaciones sobre la función de producción Solow-Stiglitz realizadas por el autor, abarcan, en la medida de lo posible, todas las omisiones que se han señalado a lo largo del texto, sin embargo, aunque es útil para entender la lógica de comportamiento bajo la cual interactúan éstos sistemas, es de poca utilidad para comprender la razón del proceso a la luz de la evidencia empírica debido al marco de incertidumbre en que está inmerso el modelo, debido a la complejidad que entraña la formulación de una variable que simule o aproxime el comportamiento de la calidad ambiental.

Para comprender la naturaleza de ésta incertidumbre se intentará explicar, muy brevemente el comportamiento del sistema ambiental a la luz de la ciencia ecológica. No obstante, las dificultades que entraña esta ciencia hacen inimaginable la existencia de sólo una teoría que explique el comportamiento de los ecosistemas, por ello no es de extrañar que existan nutridos debates y diferencias al interior de la misma, la perspectiva asumida por Smulders⁴⁷ en su modelo es compatible con una de las vertientes más importantes, que sostiene que el proceso de cambio de los ecosistemas⁴⁸ (dinámico por naturaleza) es ordenado y que converge eventualmente en una forma particular de comunidad llamada sistema de clímax a través de un proceso dinámico sustitutivo mejor conocido como “sucesión”. Una vez que el ecosistema llega a su estado de clímax la sucesión se detiene, lo que implica que el sistema se encuentra en un estado de biomasa constante⁴⁹. Si la biomasa está aumentando entonces el sistema tiene una productividad neta, si está disminuyendo, entonces se dice que el sistema se está deteriorando. La biomasa es, entonces, un concepto de acervo mientras que la productividad (sucesión) es un concepto de flujo, algo enteramente análogo a los conceptos económicos de inversión (flujo) y de capital (stock o acervo) o de

⁴⁷ Y por la mayor parte de los Economistas del Medio Ambiente

⁴⁸ Ecosistema: Sistema de seres vivos (o biota) en relación con su ambiente

⁴⁹ La biomasa es una medida de la cantidad de materia orgánica existente en el sistema.

ingreso (flujo) y riqueza (acervo). Otra forma de denominar al estado de clímax es “sistema de estado estable”⁵⁰. (Pearce, 1985)

Ahora bien sabemos que la naturaleza provee al sistema económico de insumos y, es además, un resumidero de deshechos (aparte de muchas otras funciones), lo que parece que ignoramos es que estos servicios ambientales se encuentran limitados por los principios biogeofísicos que rigen al sistema, es decir, por la capacidad de absorción del sistema. El clímax es el que determina dicha capacidad de absorción del ecosistema lo que le permite soportar choques exógenos tales como el cambio climático y los inducidos por el hombre. La contaminación es precisamente tal choque para el sistema, como ya se indicó, porque la esencia de la contaminación en el sentido biofísico es su interferencia en las relaciones entre las especies cuya existencia se debe a la necesidad de la autorregulación y la supervivencia⁵¹. Sobre esta base hay muchas razones para pensar que la contaminación exhibe costos marginales sociales crecientes.

El sistema se “preserva”, entonces por los niveles de productividad del mismo que dependen directamente del flujo de energéticos y la circulación de materiales. La circulación de los materiales permite que los sistemas satisfagan sus propios requerimientos sin que haya ninguna fuente externa de materiales, es decir, existe una especie de reciclaje que depende de bacterias, algas azul-verdes, líquenes y

⁵⁰ En efecto, las prescripciones de la teoría del crecimiento nulo reciben con frecuencia el nombre de Crecimiento del Estado Estable por parte de sus defensores (Daly, 1972). De ellos hemos hablado con frecuencia a lo largo del texto.

⁵¹ Para recordar las implicaciones de la contaminación revítese el capítulo 2 del presente texto.

otras bacterias parasitarias. En cambio, el flujo de energéticos⁵², que es unilateral, requiere una fuente externa continua, que en el caso de los ecosistemas es el sol. Todo esto, permite que el sistema confluya a su estado de clímax o “estado estacionario” que, en última instancia determina los flujos de bienes y servicios ambientales en el sistema de producción⁵³.

He aquí la importancia trascendental de la forma funcional presentada en la ecuación (III.4) del sistema, que es la que modela el comportamiento de la productividad del sistema y, por lo tanto, su equilibrio.

Lo que se obtiene es un sistema matemático muy complejo que nos permite inferir resultados importantes acerca de la esencia de las interrelaciones de las variables del modelo, pero que no nos permite verificar las hipótesis a la luz de la evidencia empírica disponible.⁵⁴, debido a que es imposible encontrar el estado de clímax de un ecosistema en el mundo real⁵⁵.

El problema es que para elaborar cualquier índice debemos conocer por lo menos uno de los límites, ya sea el superior o el inferior, del comportamiento que queremos indexar, y dado que nos es imposible siquiera aproximar el clímax de

⁵² A la disipación energética resultante de éste flujo se le llama entropía

⁵³ Revisese Pearce, 1976, como ya se indicó.

⁵⁴ Smulders realiza un excelente ejercicio matemático manipulando el sistema de manera estática y dinámica de acuerdo a distintos supuestos de comportamiento. El trabajo es excelente y vale la pena revisarlo con mucho mas detalle.

⁵⁵ Como vemos, la complejidad de establecer el estado de clímax de un ecosistema se antoja difícil y aún si lo halláramos, mas tardaríamos en hacerlo que éste en cambiar como resultado del dinamismo que caracteriza éstos sistemas. Esto sería aún peor si tratásemos de encontrar un estado de clímax “general” de toda una zona geográfica, como por ejemplo, de un país, de hecho esto es imposible por la diversidad de ecosistemas de que se compone.

los sistemas o saber cuál era su estado “original” antes de que comenzara a recibir choques externos, nos es imposible, por tanto, establecer límites superiores e inferiores para medir los niveles de calidad ambiental.

Ante esta dificultad y basado en la definición que Smulders provee acerca de la calidad ambiental, (a través de lo establecido ecuación (III.4) del sistema), que además es consistente, como vimos, con lo planteado por la principal corriente de la teoría ecológica de nuestro tiempo, se intentará construir un índice que nos permita aproximar el comportamiento de la calidad ambiental y sus efectos sobre la productividad de los factores en la función de producción de la economía. Aunque la elaboración de dicho índice es en si misma simple, la concepción del mismo fue compleja, debido a la dificultad inherente que entraña la incertidumbre en que se encuentra inmersa la variable y que se ha explicado con relativa amplitud unas cuantas líneas antes.

Con todo, la creación de un índice de esta naturaleza puede ser de gran utilidad para comprender los efectos de la degradación y el agotamiento ambiental en los distintos sectores de la economía.

Expresada en términos algebraicos la formula general para obtener dicho índice sería la siguiente:

$$N = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (P - G)_i}$$

En donde P es la cantidad de recursos utilizados en cada ciclo de producción y G es el gasto ejercido en la reposición de los recursos utilizados durante cada periodo.

La intuición de dicho índice es simple, debido al tipo de cuentas estadísticas y ecológicas con que se cuenta comúnmente, es normal tener solamente los acervos de recursos existentes en el periodo más reciente, por lo tanto, el total de recursos con que cuenta la economía en el periodo de estudio más lejano es:

$$AR_1 = AR_n + \sum_{i=1}^n P_i$$

Que indica que los Acervos existentes en el primer periodo de estudio son iguales a los acervos existentes en el periodo n más el total de los insumos que se utilizaron a lo largo de dicho periodo. Como lo que buscamos es un índice establecemos que este acervo es igual a 1 (100%) lo que implica establecer un límite superior arbitrario en la serie, ya que esto supone que la calidad ambiental es la óptima ese año; el sistema natural está en equilibrio.

Como el inverso de la degradación es la calidad ambiental, se utiliza la inversa de la degradación neta (contaminación menos gasto en reposición, P-G) durante el segundo año para obtener el valor del índice para el mismo, en el tercer año, se suman la degradación del segundo año y la del corriente y se invierte su valor con lo que se obtiene el valor del índice para ese año y así sucesivamente. Esto debe ser así porque la degradación es acumulativa, no desaparece de un año a otro. Si

la degradación disminuye o si la reposición de los acervos es mayor que su desgaste, lo que implicaría disminuir el valor acumulado de degradación, el índice tiende a 1, si sucede lo contrario el valor del índice tenderá a cero.

Pues por simple cálculo, el límite de $1/n$ cuando n tiende a uno es uno y cuando tiende a infinito es cero. Cabe decir que si n tendiese a cero, entonces el límite de la función sería infinito, pero verificar una degradación de ese tipo es físicamente imposible aunque si se llegase a dar el caso seguiría siendo congruente con nuestros supuestos ya que una degradación tan pequeña implicaría que los choques exógenos sobre el sistema son pequeños y entonces éste podrá aumentar su biomasa para acercarse a su estado de clímax.

Imaginemos que nos encontramos en un determinado valor del índice de calidad, lo que implica tener cierto nivel de degradación, si a partir de ese año, la degradación fuera negativa durante los siguientes años, (es decir, que el gasto en reposición fuera mayor que el desgaste de cada año), aún así sería difícil que durante los primeros ciclos, por lo menos, el índice cambiara su tendencia significativamente, como resultado de toda la degradación anterior acumulada, pues recordemos que n es una sumatoria y no un valor independiente determinada año con año.

Ahora bien, ¿Por qué no tomar el total de acervos del primer año e ir restando la degradación acumulada?, porque lo que nos daría no sería un índice de calidad ambiental sino un indicador del stock restante a degradar, además de que ésta

serie estaría correlacionada con P, por obvias razones, aún así los datos del stock restante, por decirlo de alguna manera, son muy inciertos por lo que trabajar con ésta serie nos daría datos muy dudosos y no una tendencia, que es lo que el índice pretende establecer. No queremos saber cuantos nos falta para acabar con el stock sino de qué manera nos comportamos cuando lo hacemos

En realidad, la capacidad de carga del sistema natural es tan grande que si tomáramos el total de stocks a degradar y lo usáramos como indicador, nos daríamos cuenta pronto que no acabaríamos de degradar el total del acervo antes de que desapareciésemos.

Debido a estas enormes complejidades es por lo que no se pudo realizar una simple resta, pero usando el índice, encontramos un indicador de tendencia muy confiable.

En general, cuando usamos datos agregados de una economía deberemos usar datos monetizados para homogeneizar la serie, lo cual a pesar de los enormes problemas que entrañan los métodos de valuación de recursos, no es un problema considerable, debido a que estamos buscando comportamientos aproximados y no tendencias específicas. Cabe decir, que este índice también se puede utilizar para evaluar los comportamientos en el stock de un sector determinado, en donde si sería considerablemente más eficiente utilizar datos reales y no monetizados, por ejemplo, se podría realizar un índice de calidad ambiental para las empresas que utilizan los recursos maderables de forma recurrente en su función de producción

obteniendo un índice de calidad que mida el estado de la deforestación. Para ello tomamos el stock total de recursos existentes para el último año en que tengamos información, posteriormente se le suma la cantidad de recursos deforestados desde el inicio de nuestra serie hasta el año en que tenemos los datos del stock, posteriormente se indiza suponiendo que cuando el recurso se agote el índice toma un valor de cero y cuando está en su primer año, el índice es uno. El primer valor debe ser uno, debido a que no se sabe el estado anterior al primer dato, si éste se conoce, entonces puede ser utilizado., para éste caso, no sería necesario monetizar los valores, debido a que no tenemos que homogeneizar el comportamiento.

Aunque, el índice no contempla los efectos del aumento del CO² que esto implica ni los efectos del cambio climático que afectan la productividad de los factores de la economía en su conjunto, nos permite entender cuál es la estructura del comportamiento maximizador de los agentes de ese sector dada la restricción que implica la pérdida de dicho recurso natural, es decir, nos permite entender como el empresario soluciona el problema que esta depredación genera en el precio relativo de los factores y, por ende, en su función de costos.

En el presente texto se elaboró un índice de calidad ambiental para el caso de México, que se utilizará a lo largo del siguiente capítulo con la finalidad de corroborar nuestra hipótesis con datos empíricos.

Como ya se dijo, la única forma de aproximar este comportamiento es tomando en cuenta la cantidad de recursos naturales añadidos dentro de la función de producción que no fueron repuestos después de su utilización. Obviamente esta es una disminución del acervo de recursos existente en el país, el problema es que se desconoce ciertamente el total de estos acervos, por lo que el índice se construyó utilizando los datos proporcionados por el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM), elaborado por el INEGI, y es la inversa de la sumatoria de los gastos por degradación y agotamiento menos los gastos ejercidos por los agentes por reposición, lo que es consistente con la fórmula expuesta con anterioridad.

Recordemos que cuando la calidad es óptima, es decir cuando el sistema natural está intacto, el valor del índice es uno y cuando el sistema ya está totalmente degradado el valor del índice es igual a cero, por ello, con la finalidad de obtener resultados relevantes se supuso que durante el primer periodo la calidad ambiental era óptima de tal manera que no afectaría los parámetros de la función de producción, de tal manera que en la medida en que la calidad fuera disminuyendo este comportamiento impactaría sobre la productividad de los factores⁵⁶.

⁵⁶ Esto nos remitiría a un primer momento en la historia del hombre, en donde las condiciones de producción no afectaban de manera alguna la calidad ambiental (el sistema absorbía sin problemas los choques) hasta el momento en el que éstos comenzaron a ser un peso sobre la capacidad de carga del ecosistema.

Recordemos también, que como este índice fue elaborado para la economía mexicana en su conjunto, no es de extrañar que los valores de donde se obtuvo estuvieran monetizados para que pudieran ser agregados sin mayor problema.

Por último, debido a la inexistencia de series largas confiables que nos permitan aproximar el comportamiento de la R&D en la economía mexicana, ésta variable se omitió del análisis, lo que demostró no ser de gran relevancia debido a que esto se tradujo en un reajuste paramétrico del tipo Romer (1986). Acerca de esto se discutirá, con más detalle, en el siguiente capítulo.

Apéndice

Los efectos del Índice de Calidad Ambiental en la productividad de los factores

Sea la función de producción planteada por Smulders con tecnología exógena :

$$Y = f(N, P, K, T, L) = aN^X L^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega$$

donde $\alpha + \beta + \omega = 1$

Si aN^X es la productividad conjunta de los factores, estaríamos diciendo que:

$$A = aN^X$$

Entonces la ecuación de Smulders sería, en realidad:

$$Y = f(P, K, T, L) = AL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega$$

Pero como lo que estamos intentando hacer es aislar los efectos de las dos partes de la productividad conjunta de los factores, la constante, A, y la variable, N^X ,

usáremos la primera formulación e intentaremos aislar sus efectos en la productividad de los factores de la misma manera como lo hicimos con los valores constantes en los capítulos anteriores para demostrar la propiedad de rendimientos constantes a escala de esas funciones.

Entonces reescribiremos la función, en los siguientes términos:

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = N^X (aL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega)$$

Lo que indica un cambio de escala de producción en un monto variable N^X , cualquiera que este sea. Pero cuando esto pasa, ¿qué tanto varían los factores?, ¿en la misma proporción o en una diferente?

Veamos:

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = N^X (aL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega)$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = N^{X(1)} (aL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega)$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = N^{X(\alpha+\beta+\omega)} (aL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega)$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = N^{X\alpha} N^{X\beta} N^{X\omega} (aL^\alpha K^\beta T^{(1-\beta)} P^\omega)$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = aN^{X\alpha} L^\alpha N^{X\beta} K^\beta T^{(1-\beta)} N^{X\omega} P^\omega$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = a(N^X L)^\alpha (N^X K)^\beta T^{(1-\beta)} (N^X P)^\omega$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = f(N^{X\alpha} L, N^{X\beta} K, T, N^{X\omega} P) \neq f(N^X L, N^X K, N^X T, N^X P)$$

O lo que es lo mismo:

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = aL^\alpha N^{X\beta} K^\beta N^{X(1-\beta)} T^{(1-\beta)} P^\omega$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = aL^\alpha (N^X K)^\beta (N^X T)^{(1-\beta)} P^\omega$$

$$Y = N^X f(P, K, T, L) = f(L, N^{X\beta} K, N^{X(1-\beta)} T, P) \neq f(N^X L, N^X K, N^X T, N^X P)$$

Entonces, lo que observamos es que el cambio de escala que implica el índice de calidad ambiental, visto de ésta manera, afecta a cada uno de los factores de la producción de manera menos que proporcional por efecto del cambio técnico. Lo

que nos indica de que manera se propagan los efectos de la calidad ambiental en los factores viene dado por el exponente del índice que multiplicado por cada una de las participaciones factoriales nos muestran el peso específico y constante de la propagación del índice en cada factor, es decir, de que manera concreta afecta a su productividad.

El índice nos indica, entonces, la trayectoria de degradación y X nos muestra la proporción definida de ésta degradación que afecta a la producción, es decir, la parte de la degradación total que se propaga y afecta al producto. Los mecanismos mediante los cuáles sucede dependen de la composición orgánica de la función de producción que nos indica el peso específico en que la degradación se transmite a la productividad de los factores.

CAPÍTULO IV

Evidencia Empírica

A lo largo del presente texto se ha intentado buscar la forma funcional más adecuada para comprender los efectos de los cambios cualitativos en los recursos naturales en los procesos de acumulación de una economía.

El capítulo III coronó este esfuerzo, al desarrollarse en él una forma funcional adecuada que nos permitiese cerrar el círculo causal que relaciona al sistema natural con el económico y viceversa. Sin embargo aunque dicha forma funcional resulta adecuada para comprender las trayectorias óptimas de crecimiento y los equilibrios simultáneos de los sistemas, es de poca utilidad práctica, lo que representa un importante obstáculo para verificar empíricamente los efectos de las restricciones ambientales en el crecimiento de una economía.

Para allanar el camino en ésta dirección, se ideó un índice de calidad ambiental que nos permitiera aproximar su comportamiento, con éste, el lazo de unión que cierra el círculo causal que relaciona ambos sistemas, los efectos de la calidad ambiental en la productividad de los factores, debiera haber quedado indirectamente determinado como se demostró en dicho capítulo.

Lo único que nos resta, entonces, es verificar que dicho índice es funcional para encontrar la función de producción encubierta, es decir, que la adhesión de éste índice en la función de producción nos permita develar los efectos de la calidad

ambiental en la productividad de los factores y, por lo tanto, en el proceso de acumulación de la economía

Es esta, precisamente, la intención del presente capítulo, aportar evidencia empírica de que es posible encontrar esta forma funcional encubierta y que además aporta información muy concreta y trascendente acerca de cómo el medio ambiente afecta el crecimiento económico de una economía.

Debido a los enormes problemas metodológicos en la estimación de datos medio ambientales y a la discontinuidad de las series, para distintos países en el mundo, la estimación se acotó sólo para el caso de México, en el periodo que va desde 1985 hasta 1999, que son los datos más recientes y confiables con que se cuenta. Aunque este ejercicio sólo muestra las condiciones específicas de una economía en particular confío que pueda ser generalizado fácilmente para el caso de otros países.

La información que se utilizó para la verificación empírica del modelo está conformada por datos trimestrales sin desestacionalizar del PIB (Y), del acervo de capital medido a través del concepto de Formación Bruta de Capital Fijo (K) y de la cantidad de mano de obra añadida dentro de la función de producción medida en términos de los Asegurados Permanentes al IMSS (L) durante el periodo que va de 1985(1) a 1999(4), los cuáles fueron obtenidos del Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCN). Otra parte de la información utilizada, referida al Índice de Calidad Ambiental fue elaborada como la inversa de la sumatoria de los

Gastos por degradación y agotamiento menos los gastos de reposición del capital natural (N) y la cantidad de recursos añadidos en la función de producción que se obtiene de los gastos calculados por reposición y agotamiento de cada periodo y que es la diferencia entre el PIB y el PINE (P), tuvo que ser interpolada para homogeneizar los datos para el tiempo de estudio, debido a que la periodicidad con que son reportados éstos en el Sistemas de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEE) es anual. La interpolación se realizó mediante un modelo AR(0,2,0), que hecho de manera correcta asegura que la pérdida de eficiencia y consistencia de los parámetros obtenidos en la elaboración del modelo es mínima (Ruist, 2002).

La estimación del modelo utiliza datos en una forma funcional doble logarítmica (Castro, Loría, Mendoza, 1997), que se expresa mediante la siguiente relación:

$$\ln(Y_t) = \ln A + X \ln(N_t) + \alpha \ln(L_t) + \beta \ln(K_t) + \omega \ln(P_t)$$

$$\ln(Y_t) = c + X \ln(N_t) + \alpha \ln(L_t) + \beta \ln(K_t) + \omega \ln(P_t)$$

Con respecto al comportamiento de las series, primero se deberá verificar si cada uno de los procesos estocásticos es homogéneo en el tiempo (estacionario) o si se debe aplicar alguna restricción para inducir ésta condición. Si el proceso no es estacionario, se deberá verificar, entonces cuál es el orden de integración que asegura la estacionariedad del mismo.

Esto asegura que el proceso sea homogéneo en el tiempo porque "Un proceso estocástico $\{X(t), t \in T\}$ se dice que es **estacionario de orden k ésimo** si para cada

subconjunto (t_1, t_2, \dots, t_n) de T y para cualquier τ , $F(X(t_1), \dots, X(t_n))$ es de **orden l** y sus momentos conjuntos son iguales a los momentos correspondientes de $F(X(t_1 + \tau), \dots, X(t_n + \tau))$, i.e.

$$E\left[\{X(t_1)\}^{l_1} \{X(t_2)\}^{l_2}, \dots, \{X(t_n)\}^{l_n}\right] = E\left[\{X(t_1 + \tau)\}^{l_1} \{X(t_2 + \tau)\}^{l_2}, \dots, \{X(t_n + \tau)\}^{l_n}\right],$$

En donde $l_1 + l_2 + \dots + l_n = l$ ⁵⁷ (Spanos, 1986)

Para verificar el orden de integración de cada variable se utilizarán las pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller Aumentada (ADF, por sus siglas en inglés) (1981) y Phillips-Perron (1988), las cuales se especificaron incluyendo una constante y tendencia, únicamente la constante, y sin constante ni tendencia.

La especificación de la prueba ADF es, básicamente la siguiente:

Sea un proceso AR(1) cualquiera, digamos:

$$y_t = \rho y_{t-1} + x' \delta + \varepsilon_t$$

En donde $|\rho| < 1$ para que la serie sea estacionaria.

Ahora bien restando y_{t-1} a ambos lados de la ecuación se obtiene una estimación para la Dickey-Fuller no aumentada:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x' \delta + \varepsilon_t$$

en donde $\alpha = \rho - 1$

y, por lo tanto, la hipótesis nula y la alternativa asumirán la siguiente forma:

⁵⁷ T.A.

$$H_0 : \alpha = 0$$

$$H_a : \alpha < 0$$

La prueba-t para verificar la hipótesis⁵⁸ es, entonces la siguiente:

$$t_\alpha = \frac{\tilde{\alpha}}{se(\tilde{\alpha})}$$

Donde $\tilde{\alpha}$ es el estimador de α y $(se(\tilde{\alpha}))$ es el estimador del error estándar. La serie sería estacionaria, entonces, sólo se no se acepta la hipótesis nula.

En general, si la serie estuviera correlacionada debería usarse una estimación AR(p), cuya forma funcional nos permita realizar las pruebas estadísticas arriba señaladas, como por ejemplo:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x' \delta + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \beta_p \Delta y_{t-p} + v_t$$

Cuyas pruebas estadísticas serían análogas a las anteriores, pero adecuadas al caso. Ésta se conoce como Dickey-Fuller Aumentada (ADF)

En el caso de la Phillips-Perron (PP), se estimará una función del tipo de la Dickey-Fuller no aumentada y se modificará el radio-t de α de tal manera que la correlación no afecte la aproximación asintótica de la prueba estadística. El estadístico PP sería:

$$\tilde{t}_\alpha = t_\alpha \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{1/2} - \left[\frac{T(f_0 - \gamma_0)(se(\tilde{\alpha}))}{2(\sqrt{f_0})s} \right]$$

En donde $\tilde{\alpha}$ es el estimador de α y t_α el radio-t de α , $se(\tilde{\alpha})$ es el coeficiente del error estándar y s el error de la prueba de regresión. γ_0 es un estimador

⁵⁸ La prueba deriva de un proceso de Wiener (Maddala, Kim, 1996)

consistente del error de la varianza (que depende de los grados de libertad de la regresión) y f_0 es un estimador del espectro residual con frecuencia cero. Cabe decir, que la prueba es no paramétrica y que las hipótesis nula y alternativa tienen el mismo significado que en la ADF.

Sin embargo, debido al hecho de que algunos autores (Maddala, Kim, 1998 y Charemza, 1997) sostienen que dichas pruebas debieran de dejar de ser utilizadas por los problemas que presentan en su especificación (missespecification) y cuando existe cambio estructural, (lo que se observa en gran parte de las series para el año 1995), se especificará, también, una prueba de hipótesis inversa, en el sentido de que en ésta la hipótesis nula indica ausencia de raíz unitaria, es decir, estacionariedad, en particular la prueba a utilizar será la especificada por Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992), mejor conocida como prueba KPSS, por sus siglas⁵⁹. Con esto se pretende minimizar la posibilidad de realizar inferencias estadísticas equivocadas.

El modelo con el que trabajan Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin es el siguiente:

$$y_t = \beta_t x_t + \gamma' z_t + \varepsilon_t$$

En donde ε_t es un proceso estocástico y β_t una caminata aleatoria dada por:

$$\beta_t = \beta_{t-1} + u_t$$

La hipótesis nula, que sostiene la estacionalidad viene dada por:

⁵⁹ Para una mejor comprensión del problema al que se hace referencia y de las distintas pruebas de raíz unitaria que existen, sus defectos y bondades, se recomienda revisar el texto de Maddala y Kim, 1998.

$H_0 : \sigma_u^2 = 0$ o β_t es una constante.

La prueba de Nabeya y Tanaka para probar esta hipótesis es la siguiente:

$$LM = \frac{\sum_{t=1}^T S_t^2}{\hat{\sigma}_e^2}$$

En donde:

$$S_t = \sum_{i=1}^T e_i$$

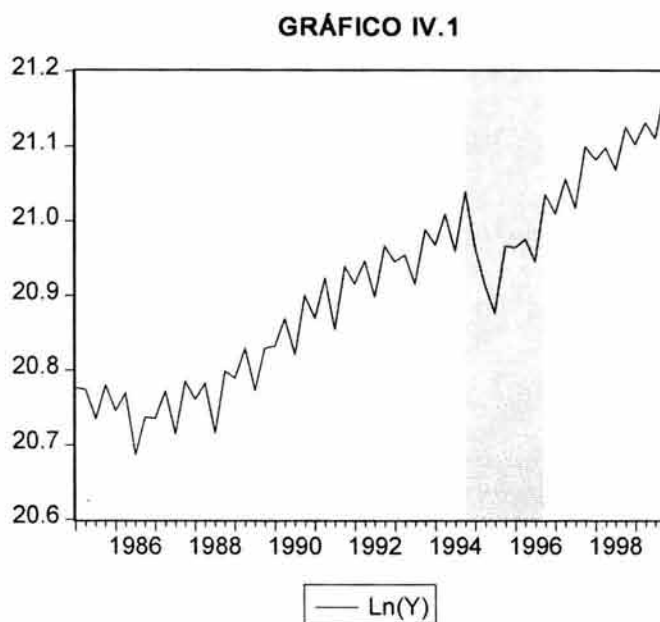
Que es la suma parcial de los errores. Cabe decir, que en ninguna de las pruebas aquí explicadas se pretende demostrar nada, solamente se explican sus estimaciones básicas, para comprender mejor como funcionan⁶⁰.

Sin embargo, debido a la incertidumbre que rodea a todas estas pruebas, además de realizarlas, se hará un análisis gráfico del comportamiento de las mismas, con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos con el comportamiento observado de la serie. Cabe decir, que para hacer más fluida la exposición los resultados de dichas pruebas se presentarán en el apéndice del presente capítulo, en donde se presentan en forma de cuadro lo que nos permitirá ver concretamente las conclusiones del análisis.

En primer lugar se presenta el comportamiento del PIB, lo que se observa en el gráfico es que aparentemente la serie no es estacionaria, pues aunque su comportamiento sea muy irregular ésta sigue cierta tendencia creciente alrededor de la cual oscila, esto es así excepto para el año 1995, en donde se observa que

⁶⁰ Para una exposición mucha más detallada y fructifera revisar los textos de Maddala, Kim(1996), Charemza(1997), Green(1999) o Cuthbertson, hall y Taylor (1992), entre muchos otros.

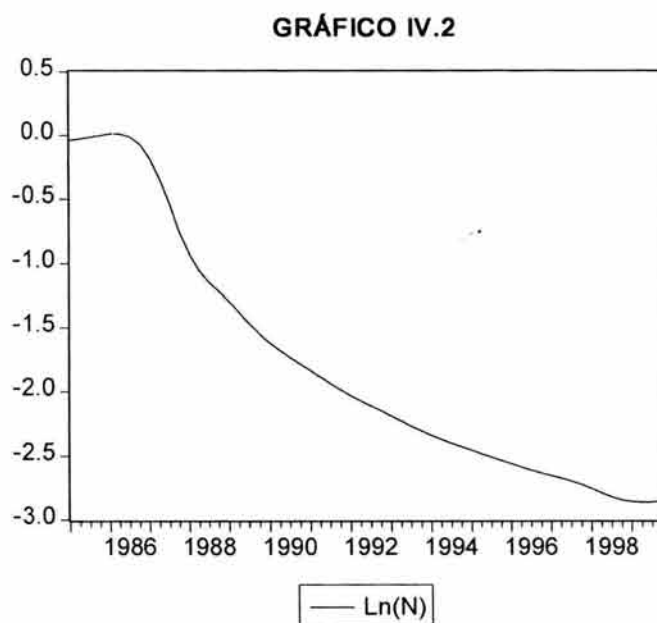
hubo un cambio estructural, obviamente producto de la crisis de diciembre de 1994, sin embargo, después de ese año, su patrón de comportamiento es muy similar al que se observa anteriormente.



El cuadro IV.1A presenta las pruebas ADF y PP para el PIB, los resultados parecen confirmar la hipótesis de que es una serie no estacionaria de orden 1, $I(1)$. Aunque existen algunas contradicciones éstas se explican por los problemas de especificación de las pruebas en presencia de cambio estructural, como ya se había indicado, sin embargo, existe coherencia en los casos en los que la especificación se llevó a cabo con intercepto y sin intercepto ni tendencia.

La prueba KPSS (cuadro IV.2A) también parece confirmar ésta idea, la prueba nos indica, además, que la constante aporta información importante acerca del proceso estocástico.

La siguiente variable a analizar será el logaritmo natural de la Calidad Ambiental, cuyo comportamiento se ilustra en el gráfico IV.2. Como ya se indicó anteriormente, el indicador de Calidad Ambiental (N), es un índice inverso de depredación, cuyos valores oscilan entre cero y uno, en donde uno indica una calidad ambiental óptima (implica suponer que el recurso se encuentra en su estado original) y cero una devastación total del recurso.

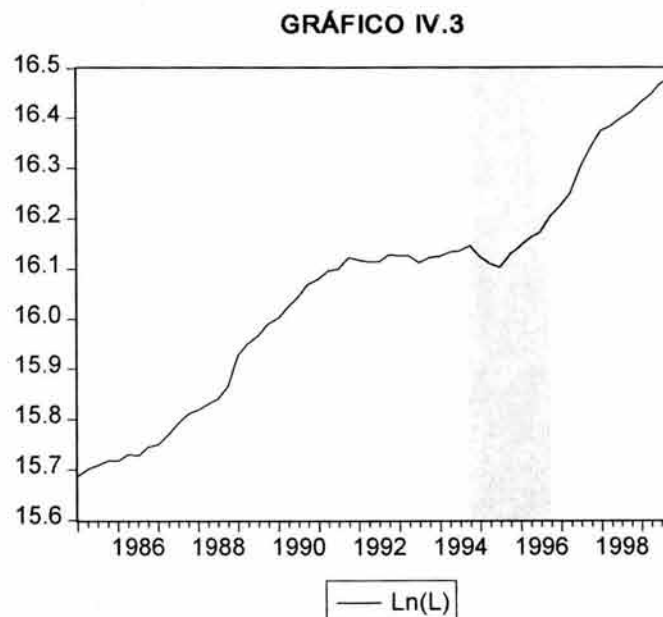


Dado que el índice fue construido (por su naturaleza) como un stock inverso, el comportamiento es totalmente atípico, se observa, claramente, que su comportamiento no es estacionario, aunque a priori es distinto saber cuál es su orden de integración.

Quizá por este motivo es por lo que los resultados de las pruebas de raíz unitaria presentadas en el cuadro IV.3A y IV.4A están tan dispersas.

Sin embargo, a pesar de ésta heterogeneidad se puede observar que la serie es $I(1)$ y que dentro del proceso estocástico de la misma es importante incluir un intercepto. Ésta conclusión se debe fundamentalmente a los datos obtenidos en la ADF y la KPSS, ya que, la PP arroja datos inconclusos.

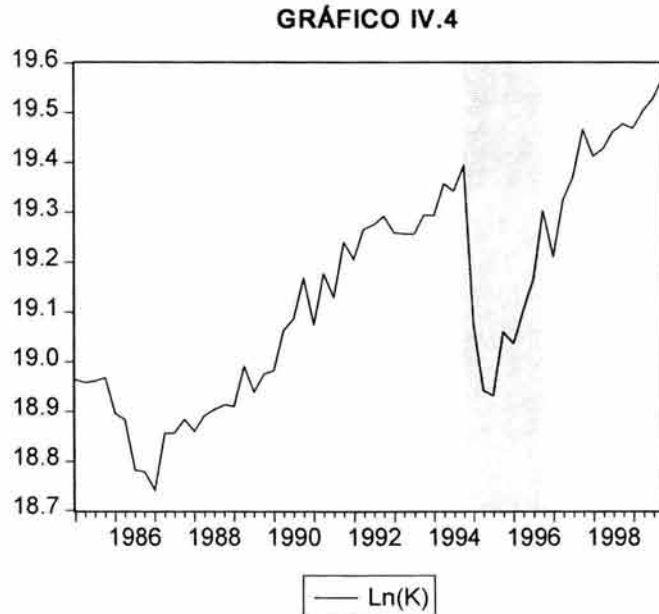
En contraste, el comportamiento de la mano de obra es mucho más simple y estable, como se muestra en el gráfico IV.3, las oscilaciones son pequeñas y, en general, siempre está creciendo, por lo tanto, no es estacionaria. Aún en el periodo de la crisis observamos que el impacto de ésta sobre la mano de obra fue, en comparación con el del producto y el del capital, muy conservadora. Esto es compatible con los valores obtenidos tradicionalmente por los especialistas de la Teoría del Crecimiento Económico⁶¹.



⁶¹ Véase Douglas(1948), Maddison(1988), Sala-i-Martin(2000), entre otros.

Los resultados de las pruebas, presentadas en los cuadros IV.5A y IV.6A, acerca del orden de integración de la serie son bastante homogéneas, a comparación del caso anterior, éstas nos indican claramente que la serie es de orden 1 y que es importante, para la información del proceso estocástico, incluir una constante.

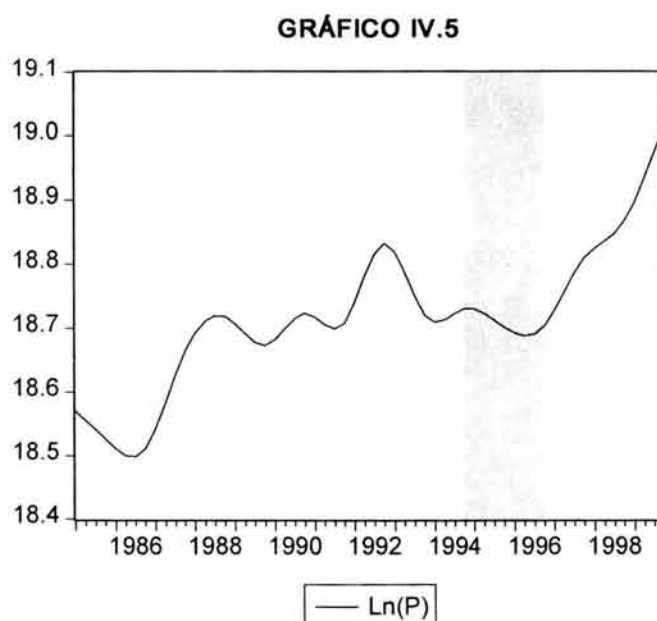
En lo que se refiere al comportamiento del acervo de capital, observamos que éste factor es el más inestable y volátil de todos, lo que se confirma en la gráfica cuando observamos su reacción ante el cambio estructural, producto del shock que la economía sufrió a fines de 1994, como vemos, la caída fue abrupta. A pesar de esto, es muy claro, que la serie tiene tendencia, lo que nos lleva a suponer que también es de orden 1.



Debido al enorme cambio estructural que presenta el comportamiento de ésta variable durante el primer trimestre de 1995 no es de extrañar que la prueba ADF arroje resultados tan disparatados, sin embargo la PP y la KPSS muestran

resultados consistentes que nos confirman que la serie es $I(1)$ y que además la especificación que mejor se aproxima al proceso estocástico en cuestión no requiere ninguna constante ni tendencia. Esto, como vemos, es compatible con el comportamiento gráfico de la serie.

Por último, el comportamiento del flujo de recursos naturales añadidos dentro de la función, presenta un comportamiento mucho más estable que el resto de las series, aún así, se alcanza a percibir un comportamiento no estacionario en la misma.



Los resultados de las pruebas son, también, heterogéneos, esto se debe a que el comportamiento de la serie es muy irregular pues en algunos segmentos parece ser estacionaria y en otros no, en particular en la primera parte y en la última. Sin embargo, según los datos obtenidos en las diversas pruebas estadísticas y que se presentan en los cuadros IV.9A y IV.10A, se puede concluir que es una serie $I(1)$

en donde el intercepto y la tendencia conjuntamente no aportan información para caracterizar el comportamiento de la serie, pero, en donde la constante sí es necesaria para evitar la pérdida de información dentro del proceso

A pesar de la incertidumbre que prevalece en el conjunto de pruebas de raíz unitaria, podemos concluir que todas las series tienen un orden de integración $I(1)$, es decir, que la esperanza de cada uno de los procesos es menor a infinito y que es igual en todos los segmentos, es decir, que:

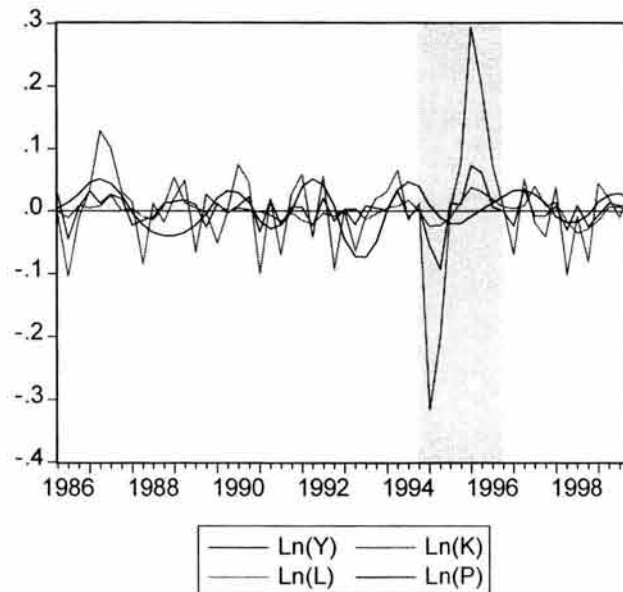
$$E(X(t)) = E(X(t + \tau)) = \mu < \infty \text{ para toda } t \in T .$$

Ahora debemos preguntarnos si el comportamiento de las series exógenas elegidas se adecua de manera óptima al comportamiento de la variable endógena, que en este caso es el logaritmo natural del PIB.

Debido a que el PIB, por su naturaleza, presenta un comportamiento cíclico que influye de manera directa sobre la demanda de los factores de la producción en relación inversa con las elasticidades de cada uno de éstos con respecto al producto⁶², las series exógenas debieran entonces reflejar éste comportamiento. Para verificar esto se obtuvo la tasa de crecimiento anual de cada una de las variables del modelo, eliminando, primero, la tendencia de las mismas y, posteriormente restando de cada variable en t su respectivo en $t-4$. Los resultados de dicho ejercicio se presentan en el siguiente gráfico.

⁶² Esto se debe a que si la elasticidad es pequeña, entonces a un gran cambio en el factor le corresponde un pequeño cambio en la cantidad del producto y viceversa.

GRÁFICO IV.6
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL



En éste gráfico se pueden observar varios detalles importantes:

- ▶ En primer lugar todas las variables exógenas acompañan el comportamiento cíclico, o mejor dicho, oscilante del PIB.
- ▶ El capital es el factor que reacciona más violentamente a las oscilaciones del producto, mientras que el trabajo lo hace de manera más moderada. Lo que demuestra que las oscilaciones de los factores se relacionan inversamente con sus elasticidades respecto al producto (aceptando los valores determinados por Douglas, 1948).
- ▶ En lo que respecta a los recursos naturales, da la impresión de que actúan en forma inversa a como lo hace el producto y oscila sobre cierta banda de manera muy similar al factor trabajo, lo que indica dos cosas, en primer lugar, que los recursos naturales compensan, hasta cierto punto, las

oscilaciones propias del capital, y en segundo lugar, que la elasticidad de esta variable debe ser cercana a la del trabajo.

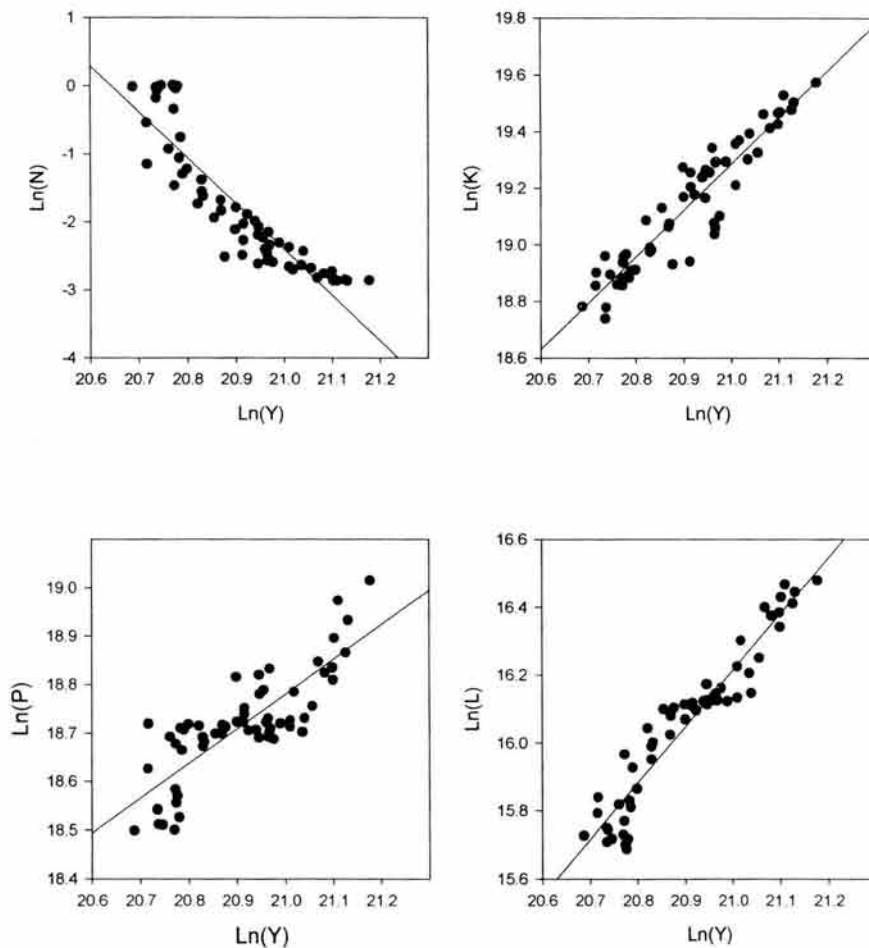
Con la misma idea de caracterizar el comportamiento individual de las variables exógenas y su relación con el PIB, se presentará a continuación los diagramas de dispersión de cada una de éstas con respecto al PIB.

En el gráfico IV.7 se pueden observar los diagramas del logaritmo natural de los distintos factores de la producción y del índice de calidad ambiental, con respecto al PIB.

Lo que se observa en dicho gráfico es que todas las variables presentan un comportamiento consistente con respecto al PIB. Los factores de la producción tienen una relación directa con el producto, lo que demuestra la solidez de mi hipótesis (en otras palabras, es consistente con la condiciones de Inada para los tres factores). Por otro lado, el Índice de calidad Ambiental (N) como vemos presenta una relación inversa con respecto al PIB, lo que en principio parecería contradecir una de mis ideas centrales, (que la menor calidad ambiental se traduce en una fuerte restricción sobre el crecimiento por sus efectos sobre la productividad de los factores), ya que lo que se lee es que a mayor crecimiento menor calidad ambiental, lo que implicaría per se que para crecer más deberíamos depredar más. Sin embargo hay que ser muy cuidadosos con ésta interpretación simplista acerca de dicha relación, puesto que, en primer lugar, debemos recordar que éste es un proceso estocástico (Spanos, 1986) por lo que el tiempo es una

dimensión importante a tomar en cuenta en nuestra explicación, pues cada punto es una realización muestral diferente⁶³.

GRÁFICO IV.7
DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN



A este respecto es importante señalar que debido a que es un proceso estocástico y, por lo tanto es dinámico, ambas variables se determinan una a la otra, lo que se

⁶³ "Let $(S, \mathcal{F}, P(\cdot))$ be a probability space and T an index set of real numbers and define the function $X(\cdot, \cdot)$ by $X(\cdot, \cdot): S \times T \rightarrow \mathbb{R}$. The ordered sequence of random variables $\{X(\cdot, t), t \in T\}$ is called a **stochastic random process**." (Spanos, 1986).

puede verificar fácilmente realizando un VAR y observando el valor de su R^2 o poniendo las series en primera diferencia para realizar la prueba de causalidad de Granger con un rezago, lo que soporta también ésta idea.

En primer lugar el PIB en t determina la calidad ambiental en $t+1$ (y esto es un resultado bien conocido) porque el crecimiento económico afecta al medio ambiente⁶⁴. Sin embargo, también es cierto el resultado inverso, la calidad ambiental en $t-1$ afecta al PIB en t o en términos de la periodicidad de la frase anterior, la calidad ambiental en $t+1$ afecta el PIB en $t+2$.

Esto nos lleva a la segunda parte del razonamiento (ahora si estamos cerrando el círculo causal), la relación inversa entre éstas variables no es un indicativo de que a menor calidad ambiental menor producto, sino de que debe haber un efecto compensador que permite que el producto siga creciendo aunque la calidad ambiental disminuya. Éste efecto compensador es, como lo habíamos supuesto en el capítulo anterior, la tecnología, lo cual no quiere decir que la restricción tecnológica que los recursos imponen a los factores no exista⁶⁵.

Ésta idea no es nueva, incluso es tan vieja que es extraño que haya escapado, durante más de un siglo, a la vista aguzada de los grandes economistas modernos.

⁶⁴ Ésta idea soporta en gran medida la idea de la Curva Ecológica de Kuznetz, sin embargo, el problema es que olvida que la mayor parte de los efectos de la producción en el medio ambiente son irreversibles lo que implicaría una línea siempre creciente, quizá con menores pendientes para mayores niveles de riqueza, pero este es otro tema.

⁶⁵ Este es un factor que no considera ni de cerca Lomborg(2002) en su libro.

La idea original pertenece a Ricardo(1815) y se encuentra contenida en sus "Principios de economía política y tributación", en donde el autor expone claramente la idea de rendimientos decrecientes basado en la distancia de los recursos y en el agotamiento de las tierras, debido a su provisión limitada.

No es necesario ser economista ni aún ecologista para observar la enorme presión que hemos ejercido durante estos últimos años sobre nuestros recursos, desecando ríos, deforestando incesantemente nuestros bosques, desgastando irracionalmente la tierra, entre muchas otras atrocidades. Debido a que cada vez es más difícil y, por ende más caro, obtener los insumos necesarios para la producción hemos tenido que compensar los efectos de la "devaluación" ambiental mediante insumos artificiales sustitutos o mediante agroquímicos y cocteles hormonales, de cuyos efectos ya se ha hablado antes. Aunque hemos solucionado hasta el momento el problema, éste se sigue acumulando, presionando cada vez más sobre la productividad de los factores (por hablar sólo en términos económicos) lo que se agudiza aún mas en la medida en que nos acercamos al límite que la naturaleza nos impone.

Pareciera ser que nos sería más fácil crecer si liberáramos un poco de la presión a la que hago referencia arriba, esto no tendría que traducirse en efectos negativos sobre la función de producción ya que un manejo más racional de los recursos conllevaría a una disminución en la función de costos de las empresas.

Esto se desarrollará con más detalle un poco más adelante, por lo pronto volvamos a las propiedades de las series para continuar con nuestro ejercicio econométrico.

Una vez revisado el comportamiento de las distintas series de que se compone el modelo, se procederá a la especificación del mismo. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria sugieren, entonces, que deben utilizarse métodos de cointegración con la finalidad de obtener estimadores eficientes y consistentes en la especificación del mismo (Cuthberson, Hall y Taylor, 1992).

Para éste trabajo se consideró importante utilizar la metodología del Modelo de Corrección de Errores (ECM, por sus siglas en inglés), sugerido por la Escuela de Londres y, en particular por Engel y Granger, ambos premios Nobel de Economía precisamente por esta aportación, la cual nos permitirá obtener un modelo que revele la relación paramétrica de las variables en el largo plazo sustentada por la teoría económica junto con el comportamiento de desequilibrio de corto plazo. (Charemza y Deadman 1997).

Con la finalidad de aportar evidencia empírica consistente y relevante, que nos permita llegar a conclusiones importantes para los fines del presente texto se realizarán, a continuación, dos estimaciones econométricas. En primer lugar se estimará la ecuación (III.8), omitiendo, obviamente, la variable de progreso técnico endógeno, que se presentó en el apartado anterior y posteriormente se eliminará el índice de calidad ambiental (N), para tener una base de comparación acerca de

los resultados obtenidos. Para ello, atendiendo el orden de integración de las series, los vectores de cointegración de las mismas se obtendrán mediante el procedimiento establecido por Johansen (1988). De este modo, se procedió a estimar un modelo de vectores autoregresivos, para cada uno de los modelos, en el primero sin restricciones, mientras que el segundo con ellas, sustentando ésta decisión en la prueba LR para restricciones conjuntas, que, como sabemos, se distribuye como una X^2 .

Entonces, se procederá a continuación, a obtener el ECM para la función de producción con recursos ambientales incluyendo el índice de calidad ambiental.

El análisis de cointegración basado en el procedimiento de Johansen (1988) establece la presencia de una relación de largo plazo entre el producto, el índice de calidad ambiental, el trabajo, el capital y los recursos naturales en su forma doble logarítmica. (Cuadro IV.1).

CUADRO IV.1
PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN BASADAS EN LA METODOLOGÍA DE JOHANSEN

Nº de Ecuaciones de Cointegración	Eigenvalores	Estadístico de la traza	Valor Crítico (5%)	Valor Crítico (1%)
Ninguno **	0.650103	108.4931	68.52	76.07
Al menos 1 *	0.386043	49.6866	47.21	54.46
Al menos 2	0.193103	22.36811	29.68	35.65
Al menos 3	0.168722	10.35277	15.41	20.04
Al menos 4	8.02E-05	0.004493	3.76	6.65

*(**) denota rechazo de la hipótesis al nivel de 5%(1%).

La prueba de traza indica 2 ecuaciones de cointegración a un nivel de 5%.

La prueba de traza indica 1 ecuaciones de cointegración a un nivel de 1%.

Normalizando al vector de cointegración asociado a la raíz característica máxima y a la prueba de la traza como una función del logaritmo natural del producto se obtiene:

$$(IV.1) \quad y_t = -1.774356 + 0.005512n_t + 0.614978l_t + 0.244002k_t + 0.434926p_t$$

En donde las letras minúsculas nos indican que estamos trabajando con el logaritmo natural de la variable.

La ecuación (IV.1) es consistente con nuestra hipótesis de que todos los parámetros son positivos, sin embargo, la suma paramétrica de los valores aproximados por la ecuación, correspondientes a $\alpha+\beta+\omega$ es diferente de 1, no obstante, esto no es evidencia de que la ecuación no sea consistente con la teoría sino de que al no incluir parámetros que nos permitan medir endógenamente el papel de la tecnología, ésta tomó una forma exógena, en el sentido de Romer, por ello el hecho de que la suma de los parámetros sea mayor que 1 y en particular que $\alpha+\beta+\omega=1.29391$ no debe sorprendernos ya que es una evidencia importante de este hecho. Por ahora continuaré con la exposición asumiendo que esto es cierto, sin embargo, antes de concluir con el capítulo se ahondará a este respecto.

Ahora bien, nuestro Modelo Dinámico General (MDG) puede ser expresado de la siguiente manera (Mendoza, 2003):

$$(IV.2) \quad \Delta y_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i(y_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i(n_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i(l_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i(k_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i(p_{t-i}) + u_t;$$

donde $t > m$, $i = 1$ hasta m rezágos y, para éste caso $m = 5$.

Dentro de éste MDG podemos incluir al vector de cointegración fundamentados en el Teorema de Representación de Engle y Granger (1987), lo que para éste sistema quedaría expresado como:

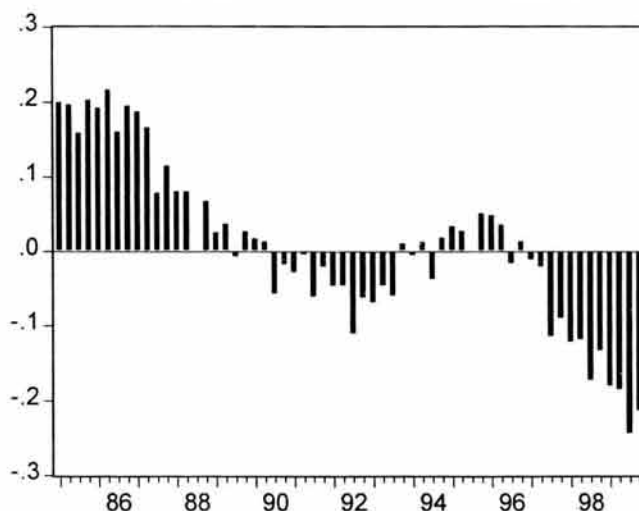
(IV.3)

$$\Delta y_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^m \Delta \gamma_i (y_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta X_i (n_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \alpha_i (l_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \beta_i (k_{t-i}) + \sum_{i=1}^m \Delta \omega_i (p_{t-i}) + ecm_{t-1};$$

donde $t > m, i = 1$ hasta m rezágos.

En donde ecm_{t-1} se refiere, específicamente, a los errores del vector de cointegración encontrado por el Método de Johansen, que, como sabemos, deben ser $I(0)$:

GRÁFICO IV.8
COMPORTAMIENTO DE LOS ERRORES
DEL VECTOR DE COINTEGRACIÓN



El procedimiento de lo "General a lo Específico" (Cuthbertson, Hall y Taylor, 1992) nos permite, entonces, encontrar el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
(IV.4) \Delta y_t = & 0.010495 - 1.189818(\Delta y_{t-1}) - 1.576765(\Delta y_{t-2}) - 1.547254(\Delta y_{t-3}) - 0.619920(\Delta y_{t-4}) \\
& (3.624) \quad (-11.84077) \quad (-9.634103) \quad (-9.270063) \quad (-3.745542) \\
& -0.349018(\Delta y_{t-5}) - 0.69803(\Delta n_t) + 1.102938(\Delta n_{t-1}) - 1.04604(\Delta n_{t-2}) + 0.37617(\Delta n_{t-3}) \\
& (-3.184651) \quad (-4.884435) \quad (3.45686) \quad (-3.190593) \quad (2.673634) \\
& + 0.2588(\Delta l_{t-1}) + 0.3504(\Delta l_{t-2}) + 0.2838(\Delta k_t) + 0.2285(\Delta k_{t-1}) + 0.3262(\Delta k_{t-2}) + 0.3696(\Delta k_{t-3}) \\
& (2.949194) \quad (4.140124) \quad (14.59608) \quad (8.052448) \quad (8.373287) \quad (8.520425) \\
& + 0.125798(\Delta k_{t-4}) + 0.091032(\Delta k_{t-5}) - 0.586803(\Delta p_{t-1}) - 0.569703(\Delta p_{t-5}) \\
& (3.021877) \quad (2.589325) \quad (-7.550087) \quad (-6.105072) \\
& -0.043196(\text{dummy}_{1995:01}) - 0.209202(\text{ecm}_{t-1}). \\
& (-5.044077) \quad (-8.204702)
\end{aligned}$$

En donde: $\text{ecm}_t = y_t - 0.005512(n_t) - 0.614978(l_t) - 0.244002(k_t) - 0.434926(p_t) + 1.774356$

Cuadro IV.2

R-cuadrada	0.992496
R-cuadrada Ajustada	0.987572
SSR	0.001035
Durbin-Watson	1.98873

Autocorrelación LM(5): $X^2(5) = 6.577216$ [0.254029], $F(5,60) = 0.748943$ [0.594031]

Heteroscedasticidad ARCH(5): $X^2(5) = 6.441730$ [0.265577], $F(5,49) = 1.301718$ [0.281113]

Normalidad Jarque-Vera: 1.602391 [0.448792]

Forma funcional RESET(4): $F(1, 54) = 2.299097$ [0.083689]

Constancia de los parámetros:

CUSUM: No presenta cambio estructural

CUSUMQ: No presenta cambio
estructural

En donde, como vemos, los valores de los coeficientes de determinación nos indican que nuestra ecuación es una buena aproximación al proceso generador de información (Spanos,1986). Además, los residuales del modelo no muestran signos de autocorrelación o heteroscedasticidad y no existen problemas de forma funcional. Los residuales no rechazan, tampoco, la hipótesis de normalidad lo que sugiere la solidez de las pruebas anteriores. Así, los errores de la ecuación (IV.4) no contienen ningún patrón sistemático que pueda aprovecharse para mejorar el desempeño del modelo.

Las pruebas de cambio estructural sugieren que los coeficientes son estables durante el período de análisis. Así, las pruebas CUSUM (Gráfico IV.1A) y CUSUMQ (Gráfico IV.2A) indican que la suma acumulada de los residuales recursivos no rechaza la hipótesis de estabilidad estructural.

Para confirmar que no haya problemas de cambio estructural en la serie, se realizaron también, las Pruebas de Residuales Recursivos que se presentan en el apéndice del presente capítulo (Gráficos IV.3A y IV.4A), En ellas, el error recursivo de la variable en el tiempo t es comparada con la desviación estándar de la muestra (realización) en su conjunto.

La prueba de residuales recursivos de pronósticos de un solo paso genera una gráfica que nos muestra tanto los errores recursivos como la desviación estándar y los puntos muestrales cuyos valores probabilísticos se encuentran por arriba o

por debajo de 15%. La gráfica nos permitirá observar en qué periodos nuestro modelo es menos exitoso, por decirlo de alguna manera.

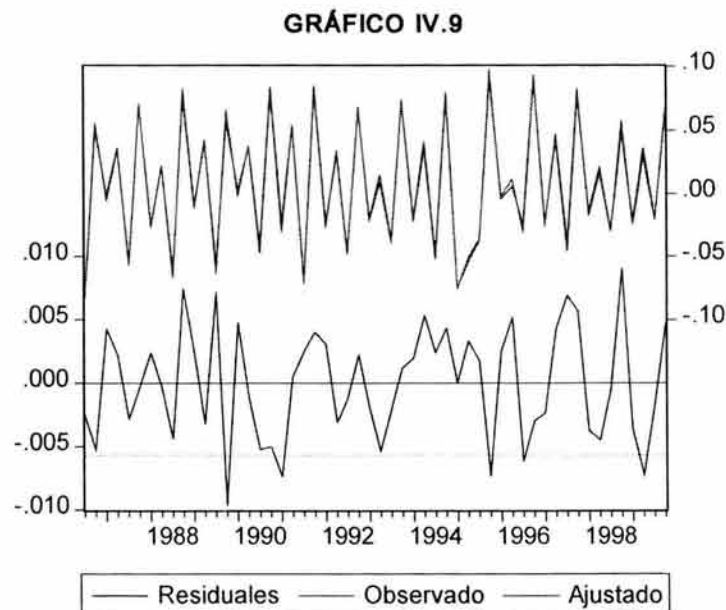
Si observamos la gráfica, veremos que en el eje vertical de la derecha se presentan los valores de los residuales recursivos y los de la desviación estándar, mientras que en el eje vertical de la izquierda se muestran los valores probabilísticos en donde la hipótesis de constancia de los parámetros debería ser rechazada para niveles de 5, 10 y 15%.

Ahora bien, en el caso de la prueba de Errores Recursivos de N-pasos (o aproximaciones) usa cálculos recursivos que nos acercan al comportamiento de la prueba Chow de pronóstico, con la ventaja de que en ésta no necesitamos un "punto de quiebre" dentro de la serie. Los puntos que se observan en el gráfico tienen la misma lógica que en el caso anterior, pero los valores en tabla se obtienen a través de una prueba F.

Una vez, dicho lo anterior, estamos en condiciones de explicar los resultados gráficos de las pruebas en donde se observa que éstas no rompen en ningún punto los límites de la región crítica, sin embargo existen algunos puntos en donde la estimación del modelo es más débil, aunque, esta debilidad es relativa ya que no se mantiene por periodos prolongados sino que corresponde a algunos pocos puntos excepcionales, además de que se sitúan en una región de rechazo menor a 10% para el caso de la prueba de un solo paso y, menor a 15% para la de n-pasos.

En conclusión, lo que éstas pruebas nos indican es que la hipótesis de constancia paramétrica del modelo se mantiene para la mayor parte del proceso, lo que indica que, en realidad, el modelo no presenta problemas de cambio estructural, a pesar de estos dos pequeños “outliers” en cada prueba y de que en un punto de la prueba de Un-paso, los Residuales Recursivos cruzan la frontera trazada por la desviación estándar de la serie⁶⁶.

Por último, para verificar que el ajuste del modelo se haya realizado satisfactoriamente, se muestra, a continuación, el modelo ajustado, el observado y los residuales de la regresión.

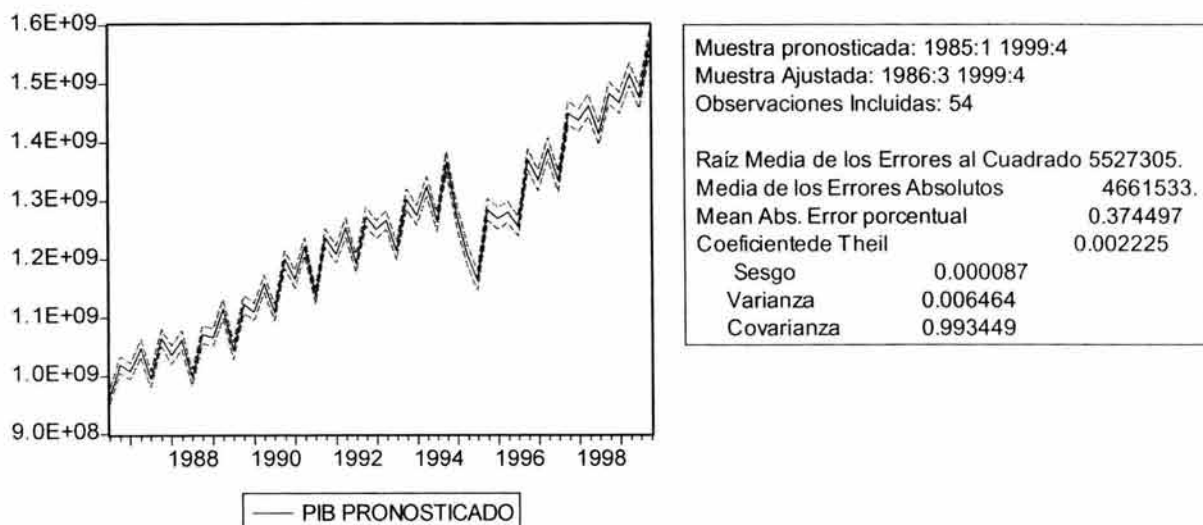


Del comportamiento del modelo y de sus residuales se puede deducir que el ajuste es satisfactorio, lo que nos es confirmado al realizar un proceso de

⁶⁶ Esto es lo que sucede cuando la probabilidad de un punto es menor a 0.05.

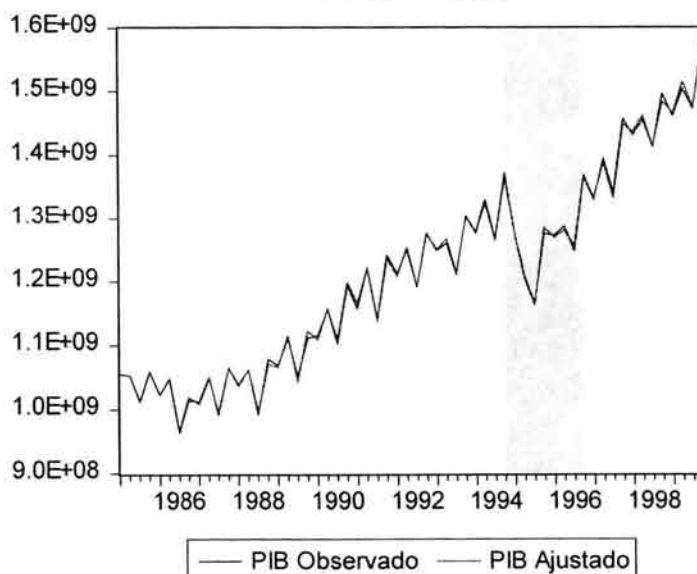
simulación estática y del Coeficiente de Theil que se desprende del mismo. De acuerdo a éste la eficiencia del ajuste de la regresión estimada es óptima ya que tanto el sesgo como la varianza son menores a 0.1 y la covarianza es mayor a 0.8.

GRÁFICO IV.10



El ajuste del modelo, se puede observar, entonces, en el gráfico siguiente:

GRÁFICO IV.11



Cabe decir, que en el gráfico superior se muestra el ajuste del modelo una vez retransformado de su forma doble logarítmico a su forma original, en él se observa que este ajuste es bastante bueno.

Los resultados indican, entonces, que en el largo plazo el producto de la economía es resultado de la combinación de los factores de la producción (capital, trabajo, recursos naturales), de los mecanismos que afectan la productividad de los mismos (tecnología y calidad ambiental) y de la constante (de la que Maddison señala que son las influencias complementarias adicionales a la productividad conjunta aumentada de los factores, 1988). El coeficiente negativo y significativo del mecanismo de corrección de errores, al que se denominó ecm_t nos indica que la relación de largo plazo de la economía existe y es convergente lo que significa que los agentes ajustan sus expectativas de acuerdo a las condiciones actuales que prevalecen en la economía (Mendoza, 2003).

Cada agente se encuentra en una situación específica, producto de sus decisiones pasadas, y es en función de ésta que ajusta su comportamiento de manera racional, de acuerdo a sus expectativas. Esto es, cada productor tratará de ajustar su función de producción a las condiciones imperantes en la economía de algún momento específico del tiempo, sin embargo, la función de producción de cada uno de éstos estará condicionada por sus decisiones pasadas, por lo que su campo de acción aunque tienda a ajustarse estará limitado por su situación específica.

Si suponemos que para el tiempo t , la tasa de retorno del capital cae con respecto a la del trabajo, entonces teóricamente los agentes intentarán modificar la composición de factores de su función de producción a favor del trabajo, sin embargo esto estará limitado tanto por su stock de activos, producto de sus decisiones pasadas, como por el hecho de que el trabajo no sólo es sustituto del capital si no también su complemento. Este ajuste queda explicado entonces por el mecanismo de ajuste de corto plazo, que se complementa con el mecanismo de corrección de errores, y que en su conjunto nos permite aproximar el comportamiento del producto.

Éste mecanismo dinámico general está compuesto por elasticidades de corto plazo (cuando los parámetros se expresan en $t-1$) y por parámetros sin significado específico, es decir, que no representan elasticidades y propensiones propiamente dichas (cuando los parámetros se expresan como $t-m$; $m > 1$) (Mendoza, 2003).

Sin más detalles, por ahora, se procederá a la estimación del segundo ECM, que como señalé arriba, se caracteriza por la omisión del índice de calidad ambiental. En realidad, esta es una función de producción del tipo Solow-Stiglitz cuyas características y propiedades fueron explicadas en el segundo capítulo.

Algunos de los detalles del modelo serán omitidos para éste caso, ya que la mayor parte de éstos ya fueron expuestos en la primera parte del capítulo.

Para éste caso encontramos también una relación de largo plazo, siguiendo el mecanismo estipulado por Johansen (Cuadro IV.3). Sin embargo, como señalé

anteriormente, a la ecuación de cointegración de éste modelo le fue impuesta una restricción en los parámetros. Dicha restricción resultó estadísticamente significativa, como se puede observar en el mismo cuadro. Cabe decir que la prueba también se realizó para el caso anterior, sin embargo el rechazo de la hipótesis nula nos indicó que la restricción no era significativa, por lo que el modelo se realizó sin la misma, confirmando nuestra hipótesis de la existencia de parámetros como los establecidos por Romer (1986) en el primer modelo.

CUADRO IV.3
PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN BASADAS EN LA METODOLOGÍA DE JOHANSEN
CON RESTRICCIONES

Restricciones: $\alpha + \beta + \omega = -1$					
Nº de Ecuaciones de Cointegración	Prueba de restricción de Máxima Verosimilitud	Estadístico LR	Grado de Libertad	Probabilidad	
1	686.509	1.78282		1	0.181803
2	693.9384	NA	NA		NA
3	696.3002	NA	NA		NA

NA indica que la restricción no es significativa

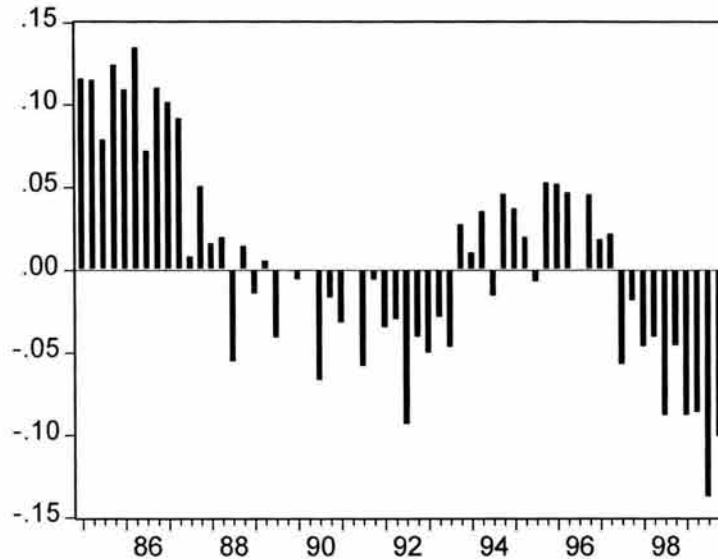
Ahora bien, normalizando el vector de cointegración encontrado se obtiene la siguiente ecuación:

$$(IV.5) \quad y_t = 3.209050 + 0.413084l_t + 0.182303k_t + 0.404613p_t$$

Esta ecuación es, entonces, consistente con nuestra hipótesis. El hecho de que la suma de los parámetros sea igual a 1 queda confirmado por los resultados obtenidos por la prueba en las restricciones impuestas a la ecuación.

Los errores de ésta ecuación de largo plazo se presentan a continuación, en la gráfica IV.16, en donde se observa claramente que éstos son de orden cero.

GRÁFICO IV.12



Siguiendo la metodología de lo general a lo específico, encontramos el siguiente modelo:

$$\begin{aligned}
 \text{(IV.6) } \Delta y_t = & .011953 - .944593(\Delta y_{t-1}) - .960562(\Delta y_{t-2}) - .936217(\Delta y_{t-3}) + .364514(\Delta l_{t-2}) \\
 & (6.639927) \quad (-17.20804) \quad (-15.20407) \quad (-17.04125) \quad (3.234989) \\
 & + .263414(\Delta k_t) + .22167(\Delta k_{t-1}) + .199378(\Delta k_{t-2}) + .210084(\Delta k_{t-3}) - .224933(\Delta p_{t-4}) \\
 & (9.499273) \quad (8.088965) \quad (7.327291) \quad (7.107131) \quad (-2.972265) \\
 & - .041232(\text{dummy}_{1995:01}) - .0974(\text{ecm}_{t-1}). \\
 & (-3.421313) \quad (-3.387984)
 \end{aligned}$$

En donde $\text{ecm}_t = y_t - 0.413084l_t - 0.182303k_t - 0.404613p_t - 3.209050$

Las pruebas del modelo, para éste caso, son:

Cuadro IV.4

R-cuadrada	0.975499
R-cuadrada Ajustada	0.969231
SSR	0.003386
Durbin-Watson	1.817053
Autocorrelación LM(4): $X_{it}(4)=9.507679[0.049590]$, $F(4,60)=2.037704[0.107967]$	
Heteroscedasticidad ARCH(4): $X_{it}(4) = 1.700035[0.790711]$, $F(4,51) = 0.396560[0.810059]$	
Normalidad Jarque-Vera: 0.924905[0.629737]	
Forma funcional RESET(4): $F(1, 55) = 0.888577[0.479850]$	
Constancia de los parámetros:	
	CUSUM: No presenta cambio estructural
	CUSUMQ: No presenta cambio estructural

El coeficiente de correlación para este caso nos indica que ésta ecuación también es una buena aproximación al proceso generador de información, aunque no tan buena como en el caso anterior. Se observa, también que para la prueba LM, en el caso de la distribución X^2 encontramos que la regresión es heterocedástica, sin embargo la prueba F nos indica lo contrario. Éste problema no es en realidad importante, ya que dada la estructura de nuestro modelo es mucho más confiable el resultado de la prueba F que el de la X^2 , por lo tanto, se puede concluir que el modelo no presenta problemas de heterocedasticidad⁶⁷ ni autocorrelación, además de que, atendiendo a la Jarque-Vera, los errores se comportan normalmente y, según la CUSUM y la CUSUMQ, los parámetros son constantes a lo largo del proceso estocástico en cuestión. Cabe decir, que para esta regresión también se utilizó una variable dummie en el primer trimestre de 1995 con la

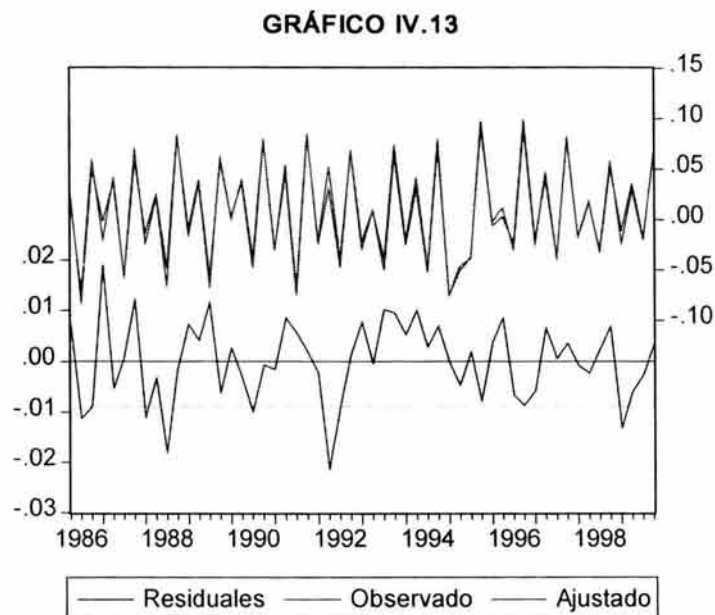
⁶⁷ Cabe decir, que para verificar esto se corrieron también las pruebas de White sin términos cruzados y ambas regresiones resultaron homocedásticas.

finalidad de corregir el problema de cambio estructural que se observa en dicho periodo.

También se realizaron las pruebas de residuales recursivos con cambios en la probabilidad de Un-paso y de N-pasos respectivamente, en donde se reafirmó nuestra hipótesis de que para éste modelo no existen problemas de cambio estructural.

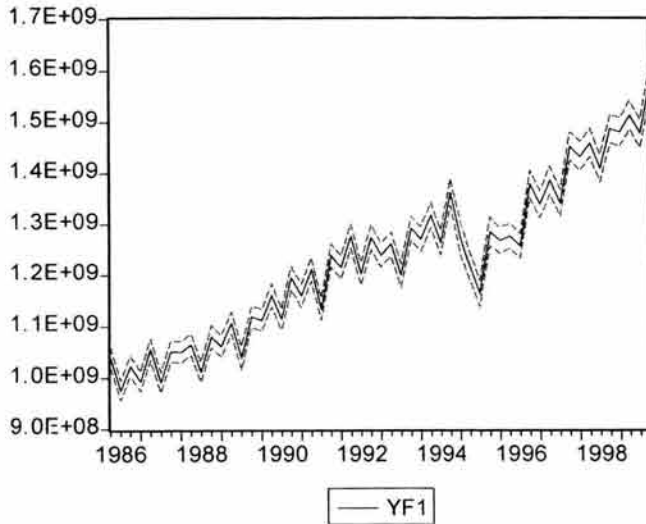
Tanto las pruebas CUSUM, CUSUMQ como las pruebas de residuales recursivos se muestran en el apéndice del capítulo en los gráficos IV.5A a IV.8A.

Los valores ajustados, observados y los residuales se observan en el siguiente gráfico:



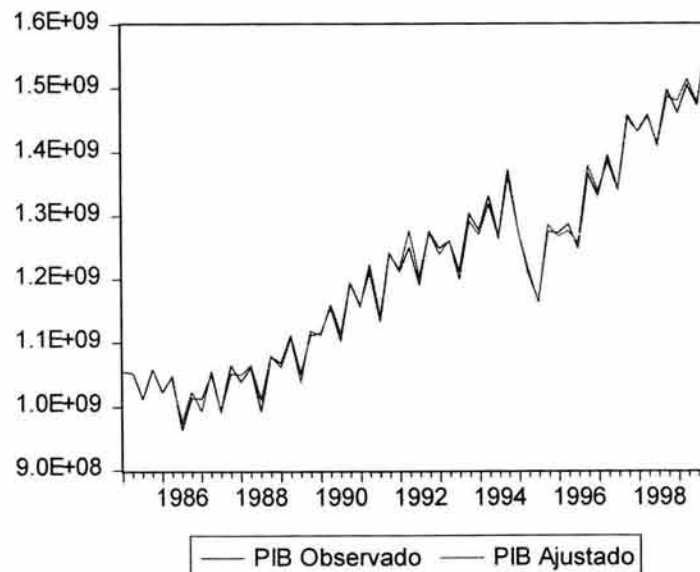
El Coeficiente de Theil también es bastante bueno, lo que se verifica con el comportamiento de la regresión pronosticada en comparación con la observada (Gráficos IV.14 y IV.15):

GRÁFICO IV.14



Muestra Pronosticada:	1985:1 1999:4
Muestra Ajustada:	1986:2 1999:4
Observaciones Incluidas:	55
Raíz Media de los Errores al Cuadrado	9290272.
Media de los Errores Absolutos	7533362.
Mean Abs. Error Porcentual	0.628049
Coeficiente de Theil	0.003749
Sesgo	0.000014
Varianza	0.000357
Covarianza	0.999629

GRÁFICO IV.15



Los resultados indican, entonces, que en el largo plazo el producto de la economía es resultado de la combinación de los factores de la producción (capital, trabajo, recursos naturales) y de una constante. El coeficiente negativo y significativo del mecanismo de corrección de errores, nos indica que el multiplicador de largo plazo de la economía existe y es convergente lo que significa que los agentes ajustan sus expectativas de acuerdo a las condiciones actuales que prevalecen en la economía, sin embargo, cabe decir, que para éste modelo, los multiplicadores de corto plazo del trabajo y de los recursos naturales no son significativos (ecuación IV.6), lo que nos indica que éste modelo presenta un problema de omisión de variables importante.

Si bien es cierto que ésta especificación nos aproxima a la composición concreta de los factores de la producción desde el punto de vista de los agentes, también es cierto que los empresarios y los productores de la economía en general no ignoran los efectos de la tecnología y de la calidad ambiental, que afectan a la productividad de los factores y, por lo tanto, la tasa de retorno de los mismos.

En pocas palabras, aunque ésta formulación representa la productividad marginal de los factores para una función de producción específica, es decir, la relación observada entre los factores y la producción, esto no quiere decir que los agentes no reconozcan los efectos de la tecnología y de los cambios en la calidad ambiental, lo que sucede es que en ésta ecuación dichos efectos son absorbidos por la constante.

Sin embargo, en la formulación anterior, al hacer explícito, uno de los elementos que afectan directamente la productividad de los factores, las elasticidades de los factores reaccionaron develándonos el peso específico de la tecnología en cada factor, dada una combinación específica de los mismos⁶⁸.

En otras palabras, los parámetros obtenidos en la última especificación reflejan la productividad marginal de los factores tal y como se observan en concreto (cantidad de capital, cantidad de trabajo y cantidad de insumos ambientales) ya que los factores no observados se disipan entre el error (la parte restante de ésta suma) y la constante (productividad conjunta de los factores), sin embargo, en la primera especificación quedan al descubierto éstos factores no observados, dejándonos en claro como dada una combinación específica de factores, los efectos que la tecnología tiene en la productividad marginal de éstos últimos compensa, en gran medida, los efectos de la calidad ambiental sobre los mismos; prueba de ello son tanto el bajo valor de los errores en las especificaciones como el hecho de que en la primera regresión el valor de la constante este más cerca de cero, es obvio entonces, que los efectos complementarios de ésta en la función de producción son menos importantes⁶⁹.

⁶⁸ En el apéndice del Capítulo III se explicó cómo al considerar al índice de calidad ambiental de esta manera, se aíslan los efectos entre éste y la productividad conjunta de los factores. Se demostró también como se transferían proporcionalmente sus efectos en la productividad de los factores.

⁶⁹ Hay que recordar que $\ln(1)=0$

Para dejar en claro el razonamiento, reflexionemos primero acerca de la función de producción sin tomar en cuenta la calidad ambiental. En concreto nos referimos a la siguiente ecuación:

$$(IV.7) \quad Y = 3.209050L^{0.413084} K^{0.182303} P^{0.404613}$$

Que es una retransformación de la ecuación (IV.5) de un modelo doble logarítmico a su forma original. Dividiendo la ecuación entre la cantidad de trabajo, obtenemos el comportamiento de la función de producción en términos per cápita, esto es:

$$(IV.8) \quad Y_{pc} = \frac{3.209050K^{0.182303} P^{0.404613}}{L^{0.586916}}$$

En donde la Y_{pc} nos indica que la variable está en su forma original, expresada en términos per cápita. Operando algebraicamente obtenemos:

$$(IV.9) \quad Y_{pc} = 3.209050 \left(\frac{K}{L} \right)^{0.182303} \left(\frac{P}{L} \right)^{0.404613}$$

Lo que, para simplificar la notación, reescribiremos de la siguiente manera:

$$(IV.10) \quad Y_{pc} = 3.209050 K_{pc}^{0.182303} P_{pc}^{0.404613}$$

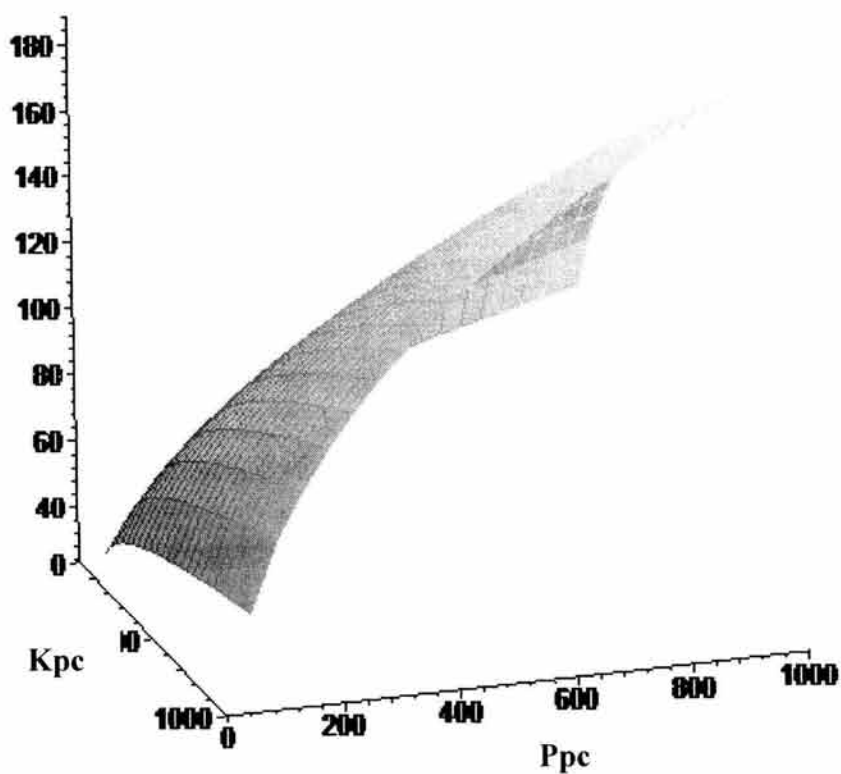
En donde K_{pc} es el capital por trabajador, o en otras palabras, la relación capital-trabajo y P_{pc} nos indica la relación de insumos naturales añadidos en el proceso de producción, con respecto al trabajo, es decir la relación insumos-trabajo.

Ésta simplificación nos permite trabajar con la función de producción y obtener resultados significativos de manera mas simple ya que al operar algebraicamente de ésta forma podemos observar el comportamiento gráfico de la ecuación y entender de forma simple las restricciones técnicas que caracterizan a la función

de producción para el caso de México o, en términos mas simples, la relación de comportamiento entre la producción de la economía y los insumos de que se compone.

En los gráficos IV.16, IV.17 y IV.18, se observa que el comportamiento de ésta función, confirma la idea de que incrementos de insumos convexos implican una función de producción cuasi-cóncava, en sintonía con las condiciones de Inada:

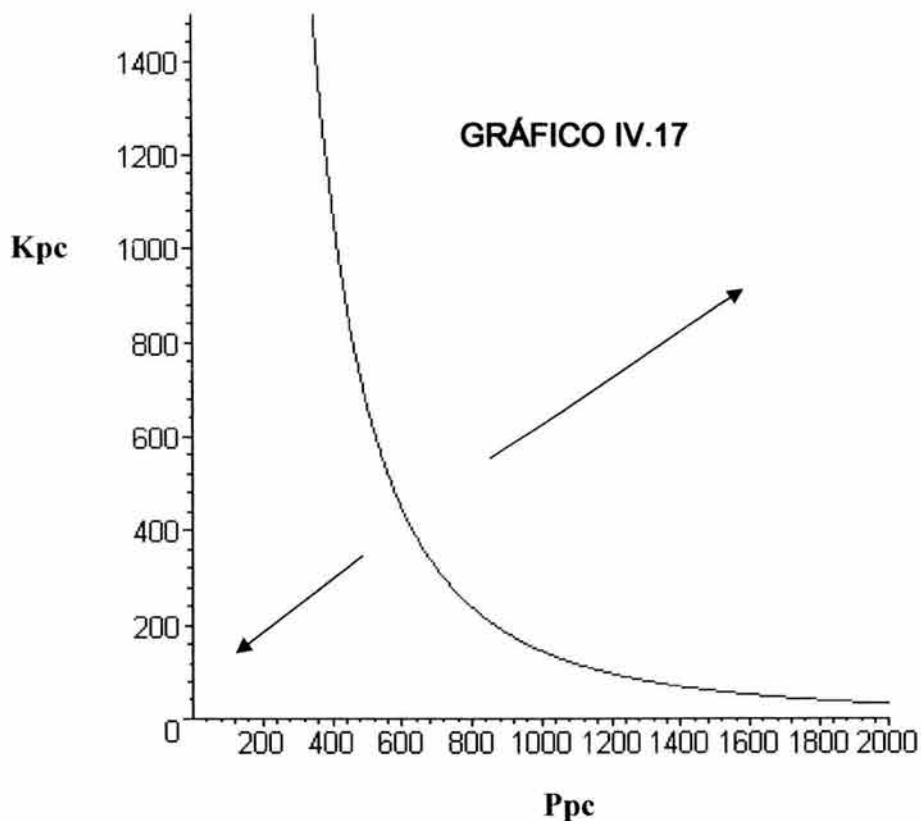
GRÁFICO IV.16



Esta es la función de producción encontrada para el caso de México durante el periodo de estudio (recordemos que $103.7 < y < 162.3$ miles de pesos a precios de 1993). De ésta se pueden deducir sus isocuantas características, para ello deberemos suponer un valor dado de producto per cápita, digamos 130 (mil pesos a precios constantes de 1993), para luego operar algebraicamente la función y encontrar la forma funcional adecuada a nuestros fines, que es:

$$K_{pc} = \sqrt[.182303]{\frac{130}{3.209050 P_{pc}^{.404613}}}$$

Con ésta obtenemos las isocuantas para el PIB per cápita que se presentan en el gráfico IV.17. En el se representa también, la idea de que el plano es denso, ésta es la restricción técnica de la economía, implícita en la función de producción.



Vemos, que para cada nivel de producto existen distintas combinaciones de bienes, los cuáles dependen de la tecnología que prevalezca en la economía, en ese momento. La tecnología va a determinar las distintas combinaciones factoriales para obtener una cierta cantidad de producto.

Estos hechos, nos son confirmados por la isocuanta que representa las restricciones técnicas de la economía en su conjunto es importante representarla, porque aunque no se pueda graficar el comportamiento del PIB, sí se puede representar sus restricciones tecnológicas (isocuantas), por un lado y, por el otro, éstas isocuantas no suponen ningún factor fijo.

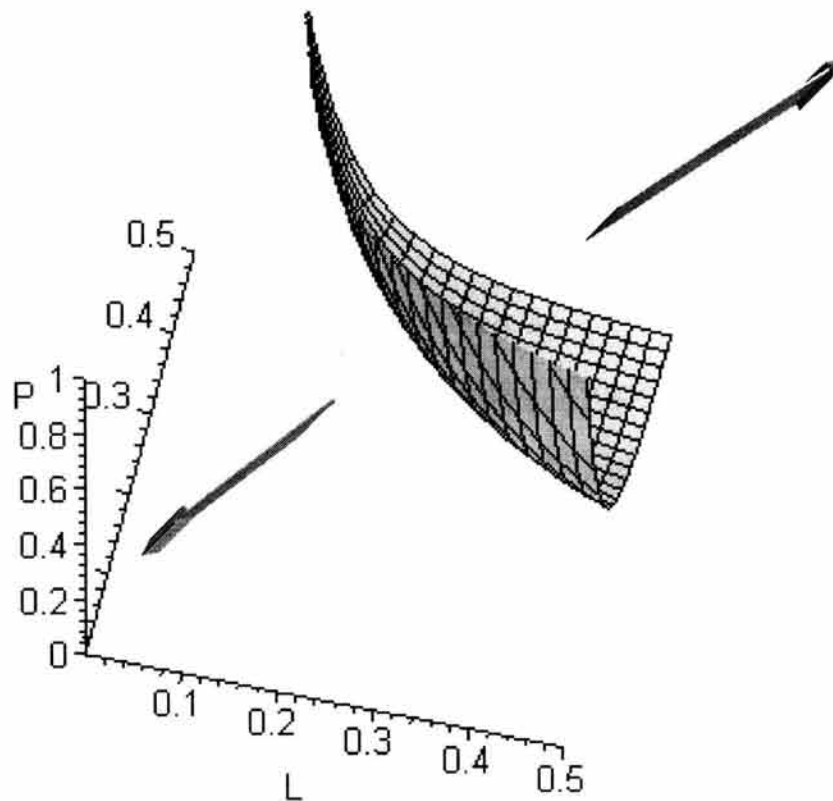
La forma funcional de ésta isocuanta, suponiendo que el valor del PIB es 130, será:

$$K = .182303 \sqrt[3]{\frac{1}{3.209050 P^{.404613} L^{.413084}}}$$

De ésta se desprende el gráfico IV.18, que se presenta más abajo.

Observemos que para un nivel de producto dado existen distintas combinaciones de capital, trabajo e insumos naturales que, en función, de las restricciones impuestas por los parámetros encontrados nos permiten obtener dicho nivel de producto. Esto parece confirmar la hipótesis de que existe cierto nivel de sustituibilidad inter-factorial para el conjunto de la economía.

GRÁFICO IV.18



Lo que encontramos, entonces es que existe una y sólo una función de producción homotética que caracteriza el proceso estocástico en cuestión y que es en función de ésta relación que los productores de la economía en su conjunto intentarán corregir sus errores pasados, al intentar adecuar la estructura de su función de producción particular a una de éstas distintas combinaciones para alcanzar cierto nivel de producto dadas las condiciones de la economía, que se expresan, en gran medida, por las expectativas de los agentes.

Si esto es cierto, es decir, si ésta gráfica existe y es una y sólo una, entonces es imposible realizar un gráfico de comportamiento que relacione éstas tres variables,

ya que para un nivel dado de producto pueden existir distintas combinaciones de bienes, de tal manera que la definición matemática de función se viole constantemente, por lo que para corroborar éste comportamiento se realizaron dos diagramas de dispersión que relacionan el comportamiento de éstas tres variables, tomando en cuenta los parámetros que las afectan. El gráfico IV.25 nos indica que existen distintas combinaciones de factores para niveles de producto similares, e incluso para los mismos, mientras que el gráfico IV.26 nos indica que las combinaciones similares de factores dan como resultado niveles de producto similares, independientemente del tiempo.

GRÁFICO IV.19
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN
(Y_{pc} v.s K_{pc} v.s P_{pc})

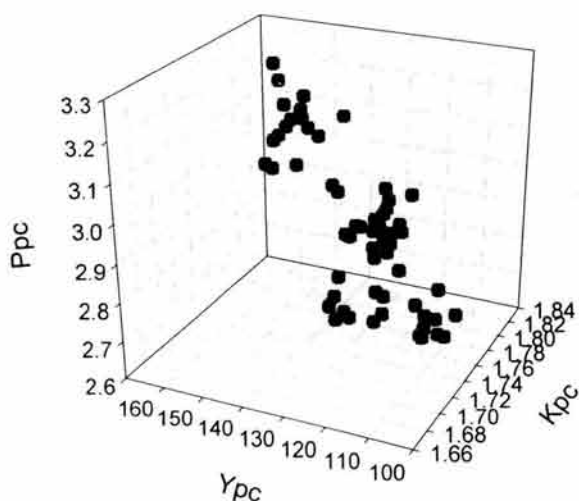
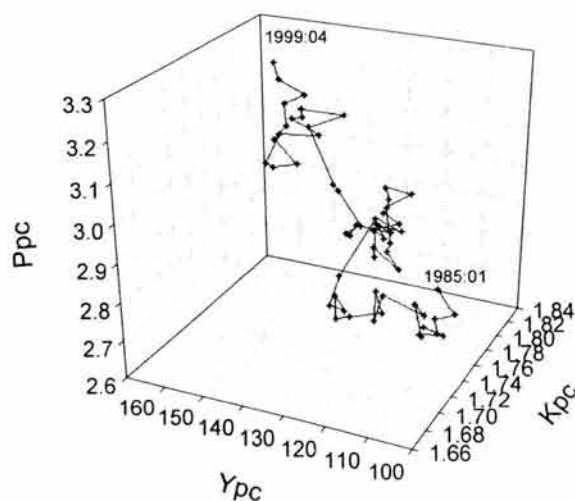


GRÁFICO IV.20
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN
(Y_{pc} v.s. K_{pc} v.s P_{pc} en $f(t)$)



Ahora bien, ¿qué sucede si incluimos en ésta función un índice que nos permita aproximar los efectos de la calidad ambiental sobre la productividad marginal de los factores?

Esta es una idea intuitiva muy simple. En la medida en que afectamos la calidad de los bienes y servicios ambientales, como resultado del crecimiento (cuestión ampliamente discutida y probada) y no ejercemos ningún gasto para regenerar dicho daño, los costos de producción relacionados con esta clase de bienes se ven afectados.

Este problema es ampliamente reconocido dentro del discurso económico y por los productores mismos, sin embargo se disfraza como una mera cuestión de minimización de costos desplazando la discusión de las causas del problema a sus efectos, los costos. La solución a dicho problema ha sido resuelto tradicionalmente mediante incrementos en la dotación tecnológica que permitan elevar la productividad marginal de los factores de tal manera que compensen la caída de la productividad en los mismos.

El problema es que la economía moderna esta empeñada en considerar este hecho como un mero problema de externalidad en lugar de incorporar el problema dentro de su marco teórico de análisis, ha hecho de la cuestión una afrenta de la naturaleza contra el hombre. Si la contaminación afecta la salud de las personas, la tecnología provee medicinas, si se agota un cierto recurso maderable por su sobre explotación, la tecnología busca un sustituto, si los recursos hídricos cercanos se encuentran contaminados o se agotan, siempre se puede traer agua

de mas lejos o desalinizar el agua del mar, etc.⁷⁰ Cada uno de éstos problemas afectan la productividad del stock de activos de producción de la economía, los problemas de salud afectan la productividad de la mano de obra, pero la medicina y las vitaminas “contrarrestan” éste efecto, los sustitutos hacen que cada vez se hagan más caros los bienes cuya materia prima sea de origen natural (los muebles de madera cada vez son más caros, por ejemplo) aunque los sustitutos tienen el efecto contrario (muebles de plástico, o de desperdicios de madera comprimida de pésima calidad, son unos cuantos ejemplos) y, por último la elaboración de bienes de capital también requiere de insumos naturales, por lo que los efectos en éste factor son similares al de los insumos, en general.

La idea central del razonamiento es que los agentes reciben señales de la caída en la productividad de los factores como resultado de la degradación y el agotamiento de los bienes y servicios ambientales y de sus compensaciones, a través de su curva de costos, por lo que intrínsecamente toman en cuenta éstos factores cuando toman una decisión sobre la combinación de factores óptima en su función de costos.

⁷⁰ Ejemplos de éstos, tenemos muchos, sería más fácil aplicar estándares más estrictos para evitar que la gente enferme (ya sea por la contaminación del aire, del agua o por las increíbles enfermedades que ha dejado libres la ingeniería genética actual al buscar solucionar varios de los problemas de la humanidad -cada vez aumentan más los años de vida promedio de un ser humano y también las probabilidades de morir de cáncer o SIDA, prematuramente), o para evitar que la sobreexplotación pesquera, agrícola, minera o maderera obligue a invertir en sustitutos. Recordemos, también, que los efectos de la tecnología son inciertos, igual que el “doomsday” de los ecologistas radicales, por ello ninguno de los dos son argumento suficiente, el primero para crecer salvajemente a costa de todo, y en el segundo caso, para dejar de crecer a costa de las necesidades humanas.

Esto se verifica en el modelo ya que la inclusión del índice de calidad ambiental en la función de producción se tradujo inmediatamente en un cambio del comportamiento paramétrico de la función de largo plazo, que reflejó los efectos diferenciados de la tecnología en los factores de la producción. Se puede demostrar matemáticamente que, al ser el índice de calidad ambiental (N) un valor que refleja un stock de depredación en función de sus efectos multiplicadores dentro de la economía (X) y no un valor constante a lo largo del tiempo, la única forma en que se pueda ajustar la función de producción para un nivel dado de producto (su realización muestral en cada periodo dentro del proceso) es a través de los parámetros de la función⁷¹.

Económicamente, se puede demostrar que dichos parámetros reflejan los efectos exógenos de la tecnología (Romer, 1986) para cada factor dentro de la función de producción.

Esto es:

$$(IV.11) \quad Y = (aN^X)L^\alpha K^\beta P^\omega \quad \alpha+\beta+\omega=1$$

Siguiendo a Romer se deduce que el capital y los insumos relevantes para reflejar las externalidades son los agregados de ambos factores, entonces:

$$Y = (aN^X)(L^\alpha K^\beta P^\omega)(K^\eta P^\epsilon)$$

$$Y = (aN^X)(L^\alpha K^\beta P^\omega)((KpcL)^\eta (PpcL)^\epsilon)$$

⁷¹ Esto se demostró también en el Apéndice del Capítulo III, pero de otra manera a como se hará aquí.

Poniendo la función en términos per cápita:

$$\begin{aligned}
 Y_{pc} &= (aN^X) \left(\frac{K^\beta P^\omega}{L^{1-\alpha}} \right) ((KpcL)^\eta (PpcL^\epsilon)) \\
 \text{(IV.12)} \quad Y_{pc} &= (aN^X) \left(\frac{K^\beta P^\omega}{L^{\beta+\omega}} \right) ((KpcL)^\eta (PpcL^\epsilon)) \\
 Y_{pc} &= (aN^X) (Kpc^{\beta+\eta} Ppc^{\omega+\epsilon}) (L^{\eta+\epsilon})
 \end{aligned}$$

Otra forma de expresar la función en términos per cápita sería la siguiente:

$$\text{(IV.13)} \quad Y_{pc} = (aN^X) (Kpc^\beta K^\eta) (Ppc^\omega P^\epsilon)$$

Vemos, entonces, que en principio, el producto per cápita esta en función de la relación capital-trabajo, de los insumos naturales por trabajador y del trabajo total, en donde los parámetros de los factores se encuentran modificados por las externalidades de la tecnología.

Para el caso de nuestra función de largo plazo obtenida en el primer modelo (IV.1), realizaremos primero la retransformación requerida, con lo que se obtiene:

$$\text{(IV.14)} \quad Y = 0.5636N^{0.005512} L^{0.614978} K^{0.244002} P^{0.434926}$$

Sustituyendo K y P, obtenemos:

$$Y_{pc} = \frac{0.5636N^{0.005512}(K_{pc}L)^{0.244002}(P_{pc}L)^{0.434926}}{L^{0.385022}}$$

De donde, operando obtenemos la siguiente expresión:

$$(IV.15) \quad Y = 0.5636N^{0.005512}L^{0.293906}K_{pc}^{0.244002}P^{0.434926}$$

Que, como vemos, es coherente con lo sostenido a lo largo del texto, sin embargo, queda claro que graficar ésta ecuación es mucho más complicado que en el caso anterior, de hecho, imposible debido a que es de dimensión mayor a 3, sin embargo, sabemos que por el sólo hecho de que la suma de los parámetros de la misma (excluyendo N) sea mayor que 1 y a que las variables son mayores que 1 (excepto N), los insumos que la componen no se comportan de manera convexa lo que implica que la función no es cuasi-cóncava, sino que puede ser lineal o cuasi-convexa, aunque mantiene su condición de ser monótona creciente en todos sus puntos.

En pocas palabras, lo que diferencia ésta función de la anterior es que los rendimientos marginales no son decrecientes sino crecientes (lo que explica que el comportamiento de los factores no sea convexo), es decir, el valor de los parámetros nos indica que la tecnología siempre está afectando la productividad

de los factores haciendo que ésta crezca continuamente en el tiempo. Es lógico suponer que cualquier agente productor en la economía sólo presentará rendimientos marginales decrecientes en el caso de que su función de producción sea presionada por la demanda de tal manera que añada factores hasta los límites de la misma con la finalidad de satisfacer el exceso de demanda, sin embargo, éste sería sólo un efecto de muy corto plazo ya que si éste fuera el caso los productores modificarían su composición de capital y por ende su función de producción con la finalidad de readecuarse a ésta necesidad evitando a toda costa que los factores de la producción presenten rendimientos marginales decrecientes. La inclusión de un índice de calidad ambiental, dentro de la función de producción de la economía, desprende un velo importante de nuestros ojos al dejarnos ver directamente los efectos “compensatorios” de la tecnología en los factores de la producción.

Debido a que el proceso estocástico en cuestión condiciona el comportamiento de los parámetros en función de las distintas realizaciones de la muestra, la ecuación encontrada puede ser considerada, entonces, como evidencia empírica sólida de los efectos de los cambios en la calidad ambiental en la función de producción para el caso de México y la forma en que ésta economía resuelve los problemas que ésta restricción ambiental le impone.

Con la evidencia encontrada (ecuación IV.1) se puede concluir que la calidad ambiental afecta el proceso de acumulación de la economía generando enormes presiones sobre la productividad de los factores de la producción.

Para el caso de México, los poseedores de los medios de producción resuelven el problema básicamente mediante incrementos enormes en la productividad del trabajo en parte por los bajos salarios del factor y también por sus bajos niveles de protección.

Los bajos incrementos de la productividad del capital y de la eficiencia en el uso de los recursos, reflejan, también, para el caso de México que la legislación no obliga a los productores a pagar por los daños infringidos en el medio ambiente, por lo que éstos no se ven incentivados a elevar considerablemente la participación de dichos factores en la función de producción.

Sin embargo el sólo hecho de que exista un aumento en la productividad de estos factores, como resultado de la degradación ambiental, es un indicio de la búsqueda que los empresarios emprenden para encontrar formas más eficientes de producir. Esto es un reconocimiento implícito, por parte de estos últimos, de que la calidad ambiental afecta su función de producción, vía sus efectos en los costos de los factores y, por lo tanto, en su productividad marginal.

Apéndice

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria se presentan a continuación para cada caso, comenzando con el PIB al que le sigue el índice de calidad ambiental, el trabajo, el capital y los recursos naturales. En todos los casos se presentarán primero las pruebas ADF y PP, y, posteriormente, la KPSS. En la primera trataremos de encontrar la cantidad de rezagos óptima para realizar la prueba en cada caso, ésta se encontrará en los puntos frontera en donde todos los parámetros de la estimación sean significativos. En el caso de la PP y la KPSS se utilizará en cambio el criterio de “Ancho de Banda” de Newey-West ya que, recordemos, ambos utilizan un estimador de un espectro residual en frecuencia cero, entonces, los puntos frontera del ancho de banda encontrado nos indican en que parte se encuentra el máximo ancho de banda con todos los parámetros significativos en la estimación, para el caso de la PP, y en donde se encuentra éste con la varianza de los errores corregida y no corregida significativas, para el caso de la KPSS.

Entonces, los resultados son:

Cuadro IV.1A

Variable	Rezagos*	ADF						Raíz Unitaria**
		Intercepto						
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. ADF	Prob.		
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	2	-2.595033	-2.914517	-3.552666	-8.935552	0.0000	●	
		Intercepto y tendencia						
$\text{Ln}(Y)$	1	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-2.979621	0.1467	○	
		Ninguno						
$\text{Ln}(Y)$	1	-1.613181	-1.946549	-2.605442	2.261792	0.9938	○	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	3	-1.612999	-1.946878	-2.607686	-2.158042	0.0309	●	
Variable	Newey-West Bandwith	PP						Raíz Unitaria**
		Intercepto						
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. PP	Prob.		
$\text{Ln}(Y)$	15	-2.593551	-2.91173	-3.546099	-0.202549	0.9319	○	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	23	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-23.72326	0.0001	●	
		Intercepto y tendencia						
$\text{Ln}(Y)$	1	-3.172314	-3.487845	-4.121303	-5.757567	0.0001	●	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	49	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-42.00457	0.0001	●	
		Ninguno						
$\text{Ln}(Y)$	12	-1.613238	-1.946447	-2.604746	2.323031	0.9947	○	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	5	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-15.48232	0.0000	●	

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.2A

Variable	Newey-West Bandwith	KPSS						Raíz Unitaria**
		Intercepto						
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. KPSS	Prob.		
$\text{Ln}(Y)$	6	0.347	0.463	0.739	0.919304		○	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	12	0.347	0.463	0.739	0.217407		●	
		Intercepto y tendencia						
$\text{Ln}(Y)$	4	0.119	0.146	0.216	0.079562		●	
$\Delta(\text{Ln}(Y))$	4	0.119	0.146	0.216	0.087837		●	

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.3A

Variable	Rezagos*	ADF					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. ADF	Prob.	Raíz Unitaria**
Ln(N)	3	-2.595033	-2.914517	-3.552666	-3.844173	0.0044	●
$\Delta(\text{Ln(N)})$	1	-2.594521	-2.913549	-3.550396	-4.653363	0.0004	●
Intercepto y tendencia							
Ln(N)	1	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-3.427616	0.0576	○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	2	-3.174802	-3.492149	-4.130526	-3.940657	0.0166	●
Ninguno							
Ln(N)	0	-1.613238	-1.946447	-2.604746	4.316501	1.0000	○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	1	-1.613122	-1.946654	-2.606163	-2.937387	0.004	●
Variable	Newey-West Bandwith	PP					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. PP	Prob.	Raíz Unitaria**
Ln(N)	5	-2.593551	-2.91173	-3.546099	-1.876842	0.3408	○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	4	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-2.156439	0.2242	○
$\Delta_2(\text{Ln(N)})$	0	-2.594521	-2.913549	-3.550396	-2.43131	0.1379	○
Intercepto y tendencia							
Ln(N)	5	-3.172314	-3.487845	-4.121303	-0.593474	0.9757	○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	3	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-2.726462	0.2303	○
$\Delta_2(\text{Ln(N)})$	0	-3.173943	-3.490662	-4.127338	-2.489309	0.3321	○
Ninguno							
Ln(N)	6	-1.613238	-1.946447	-2.604746	1.621481	0.9732	○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	4	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-1.491596	0.1259	○
$\Delta_2(\text{Ln(N)})$	0	-1.613122	-1.946654	-2.606163	-2.453648	0.0149	●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.4A

Variable	Newey-West Bandwith	KPSS					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. KPSS	Prob.	Raíz Unitaria**
Ln(N)	6	0.347	0.463	0.739	0.888873		○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	5	0.347	0.463	0.739	0.356793		●
Intercepto y tendencia							
Ln(N)	6	0.119	0.146	0.216	0.224845		○
$\Delta(\text{Ln(N)})$	5	0.119	0.146	0.216	0.077416		●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.5A

Variable	Rezagos*	ADF					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. ADF	Prob.	Raíz Unitaria**
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	0	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-4.435444	0.0007	●
		Intercepto y tendencia***					
		Ninguno					
$\text{Ln}(\text{L})$	1	-1.613181	-1.946549	-2.605442	3.015059	0.9992	○
$\Delta(\text{Ln}(\text{N}))$	1	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-3.043419	0.0029	●
Variable	Newey-West Bandwith	PP					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. PP	Prob.	Raíz Unitaria
$\text{Ln}(\text{L})$	4	-2.593551	-2.91173	-3.546099	0.063446	0.9602	○
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	2	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-4.455751	0.0007	●
		Intercepto y tendencia					
$\text{Ln}(\text{L})$	4	-3.172314	-3.487845	-4.121303	-1.389349	0.8541	○
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	2	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-4.443197	0.0041	●
		Ninguno					
$\text{Ln}(\text{L})$	4	-1.613238	-1.946447	-2.604746	4.592753	1	○
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	5	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-2.912859	0.0043	●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

*** No hubo parámetros significativos en la prueba, incluso de segundo orden

Cuadro IV.6A

Variable	Newey-West Bandwith	KPSS					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. KPSS	Prob.	Raíz Unitaria**
$\text{Ln}(\text{L})$	6	0.347	0.463	0.739	0.907962		○
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	4	0.347	0.463	0.739	0.132822		●
		Intercepto y tendencia					
$\text{Ln}(\text{L})$	6	0.119	0.146	0.216	0.10982		●
$\Delta(\text{Ln}(\text{L}))$	4	0.119	0.146	0.216	0.127932		●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.7A

Variable	Rezagos*	ADF					
		Intercepto***					
		$\tau_\alpha=10\%$	$\tau_\alpha=5\%$	$\tau_\alpha=1\%$	Est. ADF	Prob.	Raiz Unitaria**
Ln(K)	0	Intercepto y tendencia					
		-3.172314	-3.487845	-4.121303	-2.404308	0.3737	○
		Ninguno					
$\Delta_2(\text{Ln}(K))$	2	-1.612999	-1.946878	-2.607686	-8.676243	0.0000	●
Variable	Newey-West Bandwith	PP					
		Intercepto					
		$\tau_\alpha=10\%$	$\tau_\alpha=5\%$	$\tau_\alpha=1\%$	Est. PP	Prob.	Raiz Unitaria
Ln(K)	6	-2.593551	-2.91173	-3.546099	-0.557006	0.8717	○
$\Delta(\text{Ln}(K))$	5	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-8.176658	0.0000	●
		Intercepto y tendencia					
Ln(K)	3	-3.172314	-3.487845	-4.121303	-2.498979	0.3276	○
$\Delta(\text{Ln}(K))$	5	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-8.210353	0.0000	●
		Ninguno					
Ln(K)	7	-1.613238	-1.946447	-2.604746	1.215602	0.9411	○
$\Delta(\text{Ln}(K))$	4	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-8.065751	0.0000	●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

*** No hubo parámetros significativos en la prueba, incluso de segundo orden

Cuadro IV.8A

Variable	Newey-West Bandwith	KPSS					
		Intercepto					
		$\tau_\alpha=10\%$	$\tau_\alpha=5\%$	$\tau_\alpha=1\%$	Est. KPSS	Prob.	Raiz Unitaria*
Ln(K)	6	0.347	0.463	0.739	0.761768		○
$\Delta(\text{Ln}(K))$	7	0.347	0.463	0.739	0.131093		●
		Intercepto y tendencia					
Ln(K)	5	0.119	0.146	0.216	0.069993		●
$\Delta(\text{Ln}(K))$	8	0.119	0.146	0.216	0.072921		●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raíz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.9A

Variable	Rezagos*	ADF					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. ADF	Prob.	Raiz Unitaria*
$\Delta(\text{Ln}(P))$	1	-2.594521	-2.913549	-3.550396	-7.10182	0.0000	●
		Intercepto y tendencia					
$\text{Ln}(P)$	1	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-4.293019	0.0062	●
		Ninguno					
$\text{Ln}(P)$	2	-1.613122	-1.946654	-2.606163	2.742336	0.9982	○
$\Delta(\text{Ln}(P))$	2	-1.613062	-1.946764	-2.606911	-2.106842	0.0348	●
Variable	Newey-West Bandwith	PP					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. PP	Prob.	Raiz Unitaria [□]
$\text{Ln}(P)$	4	-2.593551	-2.91173	-3.546099	-0.018012	0.9528	○
$\Delta(\text{Ln}(P))$	2	-2.594027	-2.912631	-3.548208	-2.65297	0.0885	○
$\Delta_2(\text{Ln}(P))$	2	-2.594521	-2.913549	-3.550396	-3.599785	0.0087	●
		Intercepto y tendencia					
$\text{Ln}(P)$	4	-3.172314	-3.487845	-4.121303	-1.465778	0.8302	○
$\Delta(\text{Ln}(P))$	2	-3.173114	-3.489228	-4.124265	-2.727012	0.2301	○
$\Delta_2(\text{Ln}(P))$	2	-3.173943	-3.490662	-4.127338	-3.582003	0.0404	●
		Ninguno					
$\text{Ln}(P)$	4	-1.613238	-1.946447	-2.604746	1.639639	0.9742	○
$\Delta(\text{Ln}(P))$	2	-1.613181	-1.946549	-2.605442	-2.363931	0.0187	●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raiz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

Cuadro IV.10A

Variable	Newey-West Bandwith	KPSS					
		Intercepto					
		$\tau_{\alpha=10\%}$	$\tau_{\alpha=5\%}$	$\tau_{\alpha=1\%}$	Est. ADF	Prob.	Raiz Unitaria**
$\text{Ln}(P)$	6	0.347	0.463	0.739	0.719994		○
$\Delta(\text{Ln}(P))$	4	0.347	0.463	0.739	0.162957		●
		Intercepto y tendencia					
$\text{Ln}(P)$	5	0.119	0.146	0.216	0.110516		●
$\Delta(\text{Ln}(P))$	4	0.119	0.146	0.216	0.106557		●

*Es el número máximo de rezagos en el que todos los parámetros de la prueba son significativos

** ● Indica que NO tiene raiz unitaria, mientras que ○ indica lo contrario.

A continuación se presentan las gráficas de comportamiento de las pruebas de estabilidad estructural para la primera regresión.

GRÁFICO IV.1A

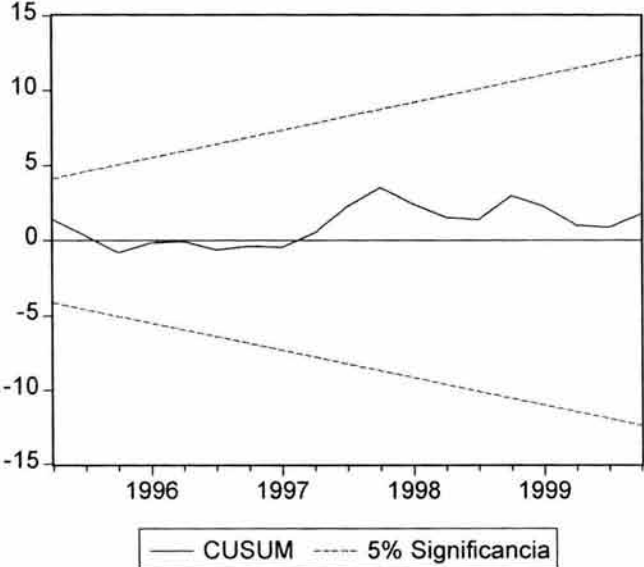


GRÁFICO IV.2A

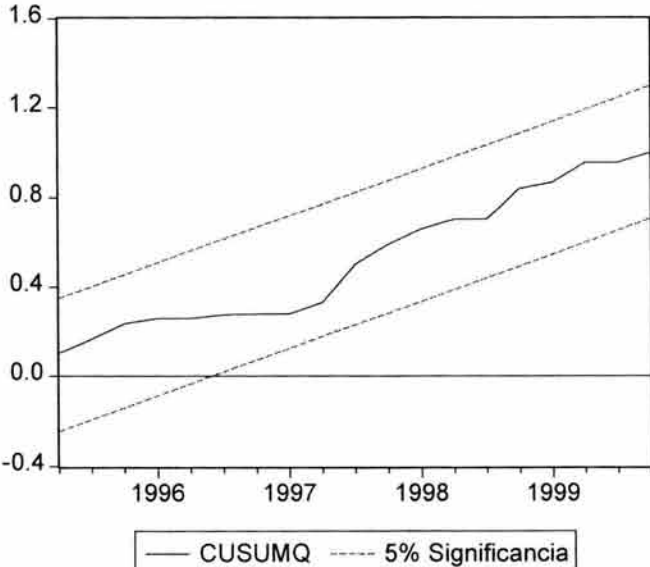


GRÁFICO IV.3A

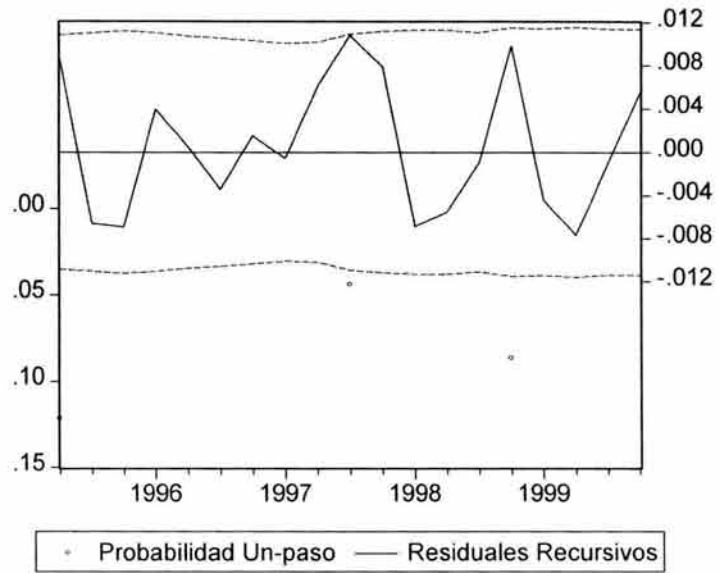
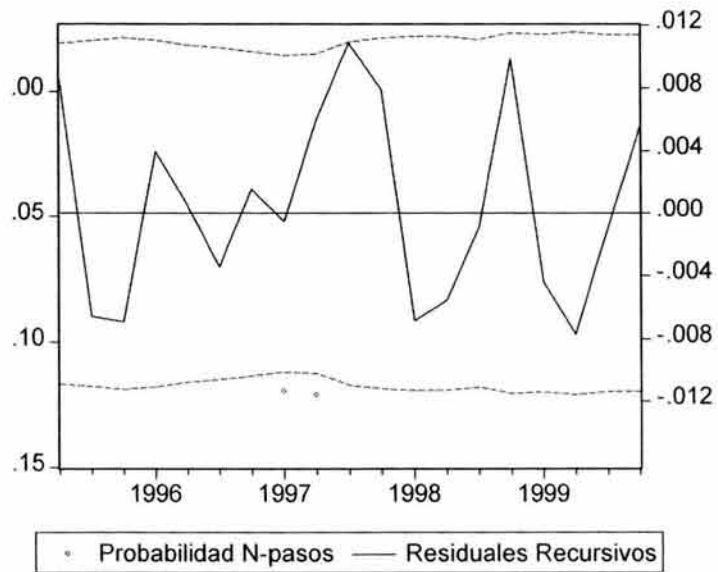


GRÁFICO IV.4A



Con respecto a la segunda regresión, sin considerar el índice de calidad ambiental, las pruebas de cambio estructural se presentan a continuación:

GRÁFICO IV.5A

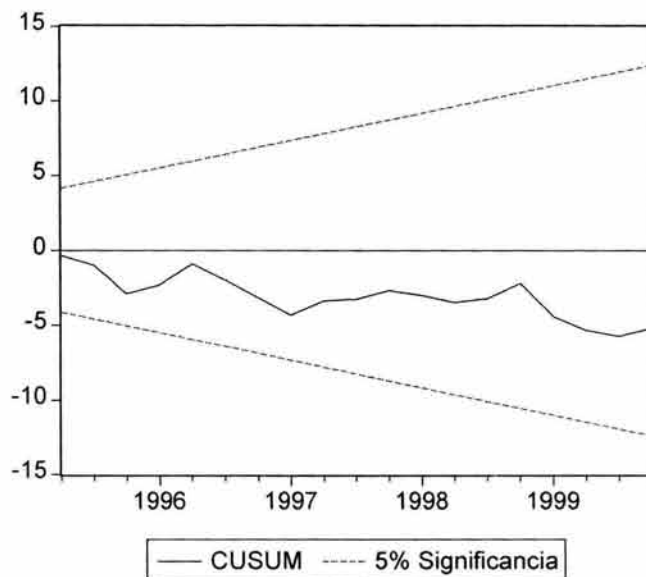


GRÁFICO IV.6A

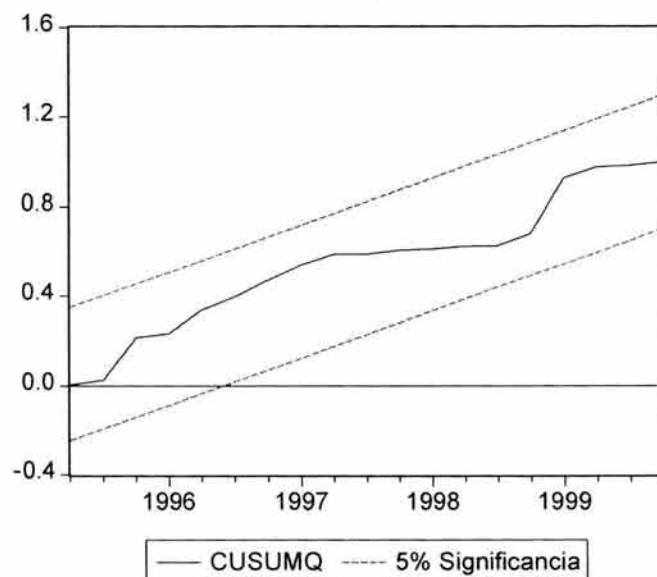


GRÁFICO IV.7A

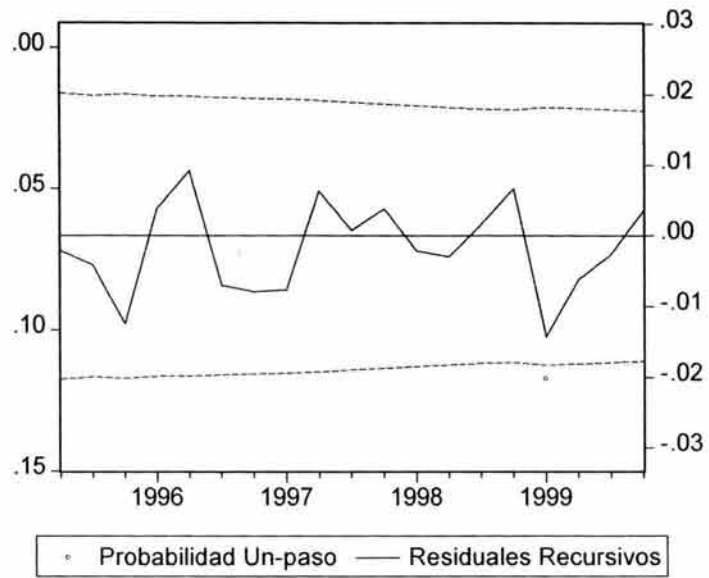
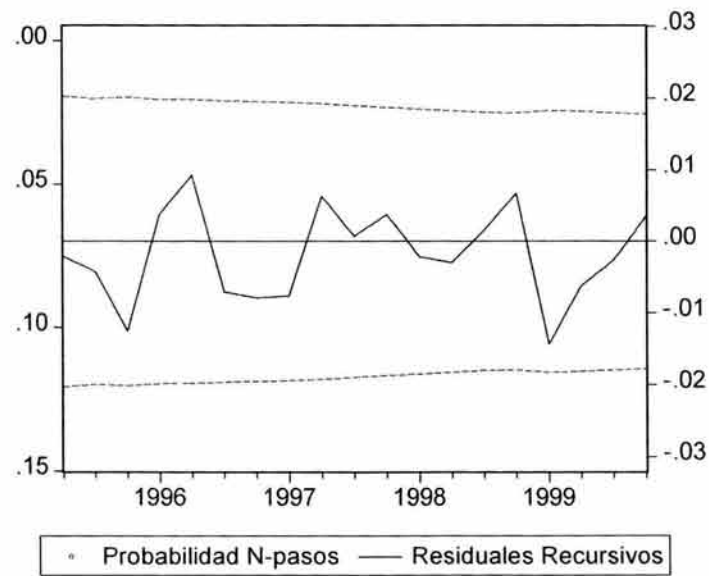


GRÁFICO IV.8A



CONCLUSIONES

La teoría económica, en cualquiera de sus vertientes, no es mas que una simplificación de una parte del universo, sin embargo, los matices característicos de esta simplificación, que anteriormente no eran significativos, se ha vuelto ahora importantes, debido a la enorme presión que el sistema ambiental esta ejerciendo sobre el sistema económico. El hecho de que la economía sea un subconjunto del universo implica que la lógica de funcionamiento de ésta se encuentra condicionada por un sinnúmero de interacciones con otros subconjuntos, cuyo comportamiento en su totalidad constituye al universo mismo.

Negar esto sería absurdo aunque, en la actualidad, persiste la idea de concebir a la economía como un “universo” aislado de otros “universos”, esferas o ciencias, como le quieran decir. Quien diga esto seguramente será un humano incompleto, ya que la experiencia personal demuestra que la esfera económica es sólo una parte de la vida del hombre. Como seres humanos jugamos distintos roles en la vida, somos padres, hermanos, hijos, etc., pertenecemos a una comunidad social, nos desarrollamos como seres políticos o como agentes de la producción, ganamos dinero y los gastamos, somos a su vez productores y consumidores... es difícil saber delimitar estrictamente las distintas esferas en las que nos desenvolvemos ya que pasamos de la una a la otra a veces sin percatarnos (dudo que alguien vaya sólo a trabajar y no tenga amigos en su trabajo, por ejemplo).

Debido a que éste hecho es intrínseco a la vida humana es lógico suponer, entonces, que debe reproducirse en los ámbitos comunitarios en donde ésta se desenvuelve, es decir, a la vida de los estados, las naciones, las regiones, etc...

Esto no quiere decir, de ninguna manera que debamos ser “todólogos”, pero si que debemos reconocer las partes en que el objeto de estudio de nuestra ciencia, la economía, se intercepta con las otras. Por ello, una simplificación de dicho espacio, es decir, un modelo económico debe reconocer e incluir, cuando sea necesario, dichas interrelaciones.

Una de ésta interrelaciones que la ciencia económica ha excluido con el pretexto increíble de la simplificación es el que compete a la relación economía-medio ambiente. Las fallas, como sabemos son de origen, es decir desde la base de la teoría económica (el flujo circular es uno de los ejemplos favoritos y obviamente la teoría de la producción y del consumidor) y posteriormente se transmiten a los conceptos más complejos de nuestra ciencia.

Una de éstas fallas de origen se encuentra en la teoría del productor y de ahí se transmite a la teoría del crecimiento económico, cuyas conclusiones, por lo tanto, a veces son dignas de las mejores historietas de Matt Groening⁷².

Esto no quiere decir que la función de producción neoclásica, origen y sustento de la teoría de crecimiento moderna no tenga una importancia fundamental sino que

⁷² Recordemos el ejemplo del BID, que fue reseñado en el Segundo Capítulo del presente texto.

debe ser reformulada para comprender las relaciones interacciones, sentidos y restricciones que una esfera tiene en la otra.

La validez e importancia de la formulación teórica de la función de producción neoclásica, aunque haya sido puesta en tela de juicio por los economistas de Inglaterra, para la comprensión y manejo del proceso de acumulación en una economía es indiscutible.

Recordemos, que el problema central de la famosa “controversia de Cambridge” era que hablaban de cosas distintas, por lo que, el conocimiento de la misma nos ha servido, en primer lugar, para saber si la función de producción neoclásica nos permitiría o no obtener las conclusiones pertinentes, según nuestra hipótesis, y en segundo lugar, para hacernos conscientes de las limitaciones de ésta y de los riesgos en que se incurre.

Se encontró que la función de producción neoclásica era ideal para obtener conclusiones trascendentes para nuestro análisis, por lo que se sometió a un segundo cuestionamiento acerca de si era eficiente o no para explicar el comportamiento real de la inclusión de los recursos naturales en la misma.

Para ello se recurrió a la función de Solow-Stiglitz y a las críticas que sobre ésta hacen los teóricos del Estado Estable, en particular, Herman Daly.

El problema con ésta función, según éstos últimos, es que, en primer lugar considera que los bienes son sustitutos y, en segundo, que no considera los

efectos de la entropía en el sistema, es decir, el sistema sigue actuando de manera aislada con respecto a los otros sistemas.

Ante estas disyuntivas, se demostró que si bien es cierto que la función propuesta por Solow y Stiglitz considera a los factores como sustitutos y ésta no es una idea sostenible tampoco lo es el hecho de que los factores sean estrictamente complementarios. Lo que se encontró, en cambio, es que existe una “frontera técnica” en donde los factores si tienen un cierto grado de sustituibilidad y que la función Solow-Stiglitz seguía siendo la formulación teórica más consistente con éste hecho.

Sin embargo, ante la segunda crítica no queda más que reconocer que la formulación es insuficiente, si la economía reconoce el efecto que sobre la productividad de los factores tiene el progreso técnico, ¿Por qué hacer caso omiso de los efectos de la entropía en el sistema o, en términos más simplistas de la calidad ambiental?

La solución teórica a éste problema fue proveída por Smulders (2000) que incluye a éste modelo un indicador de la calidad ambiental y uno de progreso técnico, lo que le permitió derivar condiciones de equilibrio simultáneo para ambos sistemas Sin embargo, el resultado fue un modelo matemático complejo con resultados interesantes pero poco útil si lo que se quiere es contrastar éstos resultados con la evidencia empírica.

Ante esta dificultad y basado en la definición que el autor provee acerca de la calidad ambiental, y que es consistente con lo planteado por una parte de la teoría ecológica de nuestro tiempo, se construyó un índice que nos permitiera aproximar su comportamiento para el caso de la economía mexicana.

Aunque la elaboración de dicho índice es en si misma simple, la concepción del mismo fue compleja, debido a la dificultad inherente que entraña la incertidumbre en que se encuentra inmersa la variable.

A pesar de éstas dificultades, fue posible aislar el comportamiento de la variable a través de, he de decirlo, aproximaciones monetarias, lo que nos permitió obtener un índice de calidad ambiental que nos permitió aislar los efectos de éste en la productividad de los factores. Sin embargo cabe decir, en honor a la verdad, que la forma más eficiente de encontrar este índice sería restando a los acervos totales de recursos los acervos degradados o agotados durante cada periodo de producción, el problema es que, por lo menos en México, no existen datos confiables de la primera variable, y aunque los hubiera éstos deberían ser monetizados para poder agregarlos, lo que implica la utilización de métodos de evaluación y éste es el principal problema.

Con todo, considero que ésta es la principal aportación del trabajo, la creación de éste índice puede ser de gran utilidad para comprender los efectos de la degradación y el agotamiento ambiental en los distintos sectores de la economía, Aunque, el índice no contempla los efectos del aumento del CO₂ que esto implica

Los resultados obtenidos para la función de producción agregada de México confirman ésta idea, el aislar el comportamiento de la calidad de los recursos en México nos permitió comprender como los empresarios solucionan el problema, que esto genera, dadas las condiciones que prevalecen en la economía.

Aunque se hizo caso omiso de los efectos endógenos de la tecnología en la función, debido a que no se encontró una serie que fuera lo suficientemente larga y confiable, la inclusión del índice develó la solución de los empresarios a dicho problema.

Entonces, el trabajo demuestra que:

- ▶ La calidad ambiental tiene fuertes implicaciones para el crecimiento de una economía, aunque la teoría no reconoce sus efectos los agentes, en particular los empresarios, si los reconocen intrínsecamente ya que toman decisiones acerca de la composición técnica de su función de producción fuertemente influenciados por los efectos de ésta variable en el precio relativo de los factores, en su función de costos y en su tasa de beneficio.
- ▶ Por lo anterior, la formulación eficiente de políticas económicas debe tomar en cuenta éste factor para el logro de sus objetivos. Si no se toma en consideración en la elaboración de éstas políticas y se sigue creciendo a costa de los recursos naturales, las restricciones que éstos imponen al crecimiento significarán un importante retroceso en los avances y el bienestar que el mundo ha cosechado durante el siglo pasado.

- ▶ Por último, la minimización de los niveles de degradación de los recursos se traducirá en una menor presión sobre la función de producción de los agentes, por lo que si se logra ésta, la economía podrá crecer con mayor libertad en el corto y largo plazo.

Antes de concluir, cabe decir que ésta concepción es congruente con la concepción de *desarrollo sustentable*.

Dicho concepto de *desarrollo sustentable* vio la luz en el famoso "Informe Brutland" (1987) en donde se señala que su objetivo es "satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (1987). La definición es confusa, en parte por la gran cantidad de juicios de valor que se encuentran inmersos en la definición de equidad intergeneracional y que han sido objeto de amplios debates.

Sin embargo, si una economía aumenta su tasa de crecimiento como resultado, en parte, de disminuir la presión sobre sus recursos, lo que además implica una menor tasa de desigualdad y de pobreza, además de un mayor nivel de empleo sería difícil decir que no se encuentra en línea con la sustentabilidad, independientemente de cuál sea su acepción, fuerte o débil.

BIBLIOGRAFÍA

La teoría económica, en cualquiera de sus vertientes, no es mas que una simplificación de una parte del

- ▶ Abel, Andrew, Bernanke, Ben, "Macroeconomics", Adison-Wesley, tercera edición, 1998, caps 1-6.
- ▶ Brown, Lester, Flavin Christopher y Postel, Sandra, "Green Taxes" en Kirby, Jhon, O'Keefe Phil y Timberlake, Lloyd, *The earthscan reader in Sustainable Development*, reprinted, 1996
- ▶ Burrows, Paul, "Nonconvexities and the Theory of External Cost", en Bromley, Daniel W. *Handbook of Enviromental Economics*, Blackwell, 1st. edition, 1995.
- ▶ Cass, David, "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation" en *Review of Economic Studies*, N° 32, Julio de 1965.
- ▶ Charemza, Wojciech W. y Deadman, Derek F., "New Directions in Econometric Practice", Edward Elgar, segunda edición, 1997.
- ▶ Clayton, Antony M. H. y Radcliffe, Nicholas J., "Sustainability. A system approach", *The earthscan reader in Sustainable Development*, 1996
- ▶ Crooper, Maureen y Oates, Wallace, "Environmental Economics: A Survey" en *Journal of Economic Literature*, junio de 1992.

- ▶ Cuthberson, Keith, Hall, Stephen G. y Taylor, Mark P., “Applied Econometric Techniques”, The University of Michigan Press, 1992.
- ▶ Daly, Herman, “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz” en *Ecological Economics*, N° 22, 1997, pp. 261-266.
- ▶ Daly, Herman, “The steady-State Economy: Alternatives to Growthmania”, en Kirby, Jhon, O’Keefe Phil y Timberlake, Lloyd, *The earthscan reader in Sustainable Development*, reprinted, 1996
- ▶ Daly, Herman, “De la economía de un mundo vacío a un mundo lleno”, en Goodland, Robert, Daly, Herman, El Serafy, Salah y Von Droste, Bernd, *Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el Informe Brutland*, TM editores, ediciones UNIADES, 1ª. Edición, marzo de 1994
- ▶ Debraj, Ray, “Development Economics”, Princeton University Press, 1988.
- ▶ Douglas, Paul, “Are the laws of production?” en *The American Economic Review*, vol 38, n°. 1, marzo de 1948.
- ▶ Fajnzylber, Fernando, “Industrialización en América Latina: de la caja negra al casillero vacío”, Cuadernos de la CEPAL, CEPAL, Santiago de Chile, 1989.
- ▶ Goodland, Robert, “El argumento según el cual el mundo ha llegado a sus límites”, en Goodland, Robert, Daly, Herman, El Serafy, Salah y Von Droste, Bernd, *Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el Informe Brutland*, TM editores, ediciones UNIADES, 1ª. Edición, marzo de 1994.

- ▶ Gould Jhon P., Laeazar, Edward, "Teoría Microeconómica", F.C.E., tercera edición en español, 1994.
- ▶ Green, William H., "Análisis Econométrico", Prentice Hall, tercera edición, Madrid, 1999.
- ▶ Haavelmo, Trygve y Hansen Stein, "Sobre la estrategia de intentar reducir la desigualdad económica expandiendo la escala de actividad humana", en Goodland, Robert, Daly, Herman, El Serafy, Salah y Von Droste, Bernd, *Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el Informe Brutland*, TM editores, ediciones UNIADES, 1ª. Edición, marzo de 1994.
- ▶ Harcourt y Laing, Lecturas del Trimestre Económico, N° 18, F.C.E., México, segunda edición en español, 1977, Introducción.
- ▶ Hawking, Stephen W., "HISTORIA DEL TIEMPO. Del big bang a los agujeros negros", Editorial crítica, Grijalbo, primera impresión, México, 1988.
- ▶ Hendry, David F. y Ericsson, Neil R., "An Econometric Analysis of U.K. Money Demand in Monetary Trends in the United States and the United Kingdom" en *The American Economic Review*, vol. 81, N°1, marzo de 1991.
- ▶ Keynes, Jhon Maynard, "Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero", F.C.E., México, 1936.

- ▶ Koopmans, Tjalling C., "On the Concept of Optimal Economic Growth", en *The Econometric Approach to Development Planning*, Amsterdam, North Holland, 1965.
- ▶ Jones, Hywell, "Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico", Antoni Bosh editor, segunda edición, Barcelona, 1988.
- ▶ Li, Chuan-Zhong y Löfgren, Karl-Gustaf, "Economic Growth, Environmental Quality and Hyperbolic Discounting" <http://www.sekon.slu.se/~bkr/ulv01li.pdf>, 2002.
- ▶ Lomborg, Bjørn, "The skeptical environmentalist. Measuring the Real State of the World", Cambridge University Press, novena reimpresión 2002.
- ▶ Maddala G.S., Kim, In Moo, "Unit Roots, Cointegration, and Structural Change", Cambridge University Press, 1998.
- ▶ Maddison, Angus, "Avances y retrocesos en las economías capitalistas evolucionadas: técnicas de evaluación cuantitativa" en Comercio Exterior Vol. 38 nº 6, México, junio de 1988.
- ▶ Mankiw, Gregory, "Macroeconomía", Antoni Bosh, cuarta edición, 2000, caps 3 y 4.
- ▶ Martínez Alier, Joan y Roca Jusmet, Jordi, "Economía ecológica y política ambiental", F.C.E., segunda edición, 2001.
- ▶ Marx, Carlos, "El capital, Crítica de la economía política", Fondo de Cultura Económica, vigésima cuarta reimpresión, 1995.

- ▶ Mendoza G., Miguel Ángel, “El análisis de multiplicadores en los Modelos de Corrección de Error: Una nota metodológica”, Working paper, Facultad de Economía, UNAM.
- ▶ Myrdal, Gunnar, “Asian Drama: An Inquiry into the Poverty of Nations”, Harmondsworth: Pelican Books, 1968.
- ▶ Padilla, Emilio, “Intergenerational equity and sustainability” en *Ecological Economics*, N° 41, 2002.
- ▶ Pearce, David y Atkinson, Giles, “Measuring Sustainable Development” en Bromley, Daniel W., *Handbook of Environmental Economics*, Blackwell, 1st. edition, 1995.
- ▶ Pearce, David, Barrat, Scott, Markandya, Anil, Barbier, Edward, Turner, Kerry Y Swanson, Timothy, “Global Warming: The economics of tradable permits” en Kirby, John, O’Keefe Phil y Timberlake, Lloyd, *The earthscan reader in Sustainable Development*, reprinted, 1996
- ▶ Pearce, David, Barbier, Edward y Markandya, Giles, “Sustainable development economics and environment in the third world”, Earthscan publications, LTD, London, Reprinted 1994, Caps 1-3
- ▶ Pearce, David, “Economía Ambiental”, F.C.E., primera edición en español, 1985.
- ▶ Pindyck, Robert Y Rubinfeld, Daniel, “Econometría: Modelos y pronósticos”, McGraw-Hill, cuarta edición, 2001.

- ▶ Ramsey, F.P., “El crecimiento óptimo” en Sen, Amartya; *Lecturas del trimestre económico*, México 1966.
- ▶ Robinson, Joan, “The Production Function and the Theory of Capital”, en *Review of Economic Studies*, vol 21, 1953
- ▶ Ruist, Erik, “Temporal Aggregation of an Econometric Equation”, Working Paper, Stockholm School of Economics
- ▶ Sala-i-Martin, Xavier, “Apuntes de crecimiento económico”, Antoni Bosh, segunda edición en español, Barcelona, 2000.
- ▶ Shafik, Nemat, “Economic Development and Environmental Quality: an Econometric Analisis” en *Oxford Economic Papers*, Vol. 46, octubre de 1994.
- ▶ Smulders, Sjak, “Econometric Growth and Enviromental Quality”, en Elgar, Edward, *Principles of Enviromental Economics*, Henk Folmer, and Landis Gabel editores, 2000.
- ▶ Solow R. M., “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. Reply”, en *Ecological Economics*, N° 22, 1997, pp. 267-268.
- ▶ Solow, R. M., “Substitution and Fixed Proportions in the Theory of Capital”, *R.Ec. Stud.*, 1962.
- ▶ Solow, R.M., “The Production Function and the Theory of Capital” en *Review of Economic Studies*, vol. 23, 1956.

- ▶ Spanos, Aris, "Statical foundations of econometric modelling", Cambridge University Press, 1986.
- ▶ Stiglitz, Joseph E., "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. Reply", en *Ecological Economics*, N° 22, 1997, pp. 269-270.
- ▶ Swan, T.W., "Economic Growth and Capital Accumulation", en *Economic Record*, vol. 32, 1956
- ▶ Thirlwall, A.P., "Growth and development", Macmillan Press, LTD, London, 6th. Edition, Cap 4.
- ▶ Timbergen, Jan y Hueting, Robert, "El PNB y los precios de Mercado. Señales erróneas de un éxito económico sostenible que encubren la destrucción ambiental", en Goodland, Robert, Daly, Herman, El Serafy, Salah y Von Droste, Bernd, *Desarrollo Económico Sostenible. Avances sobre el Informe Brutland*, TM editores, ediciones UNIADES, 1ª. Edición, marzo de 1994
- ▶ Toman A., Michael, Pezzey, John y Kautkraemer, Jeffrey, "Neoclasical Economic growth Theory and "Sustantibility"" en Bromley, Daniel W. *Handbook of Environmental Economics*, Blackwell, 1st. edition, 1995
- ▶ Toman A., Michael y Walls, Margaret, "Nonrenewable Resource Supply: Theory and Practice" en Bromley, Daniel W. *Handbook of Environmental Economics*, Blackwell, 1st. edition, 1995

- ▶ Varian, Hall, "Análisis microeconómico", ", Antoni Bosh editores, 4ª. Edición, 1997.
- ▶ Varian, Hal. "Microeconomía intermedia. Un enfoque actual", Antoni Bosh editores, 4ª. Edición, 1997.