

## *Foro Económico*

# Crecimiento, contaminación y productividad agrícola: análisis de tres fenómenos síndromes del cambio climático

Pablo Sigfrido Corte Cruz<sup>1</sup>

---

*Aportes*, Revista de la Facultad de Economía, BUAP, Año XVIII, Número 48, Mayo - Agosto de 2013

### *Introducción*

La producción agrícola también ha provocado una serie de impactos ambientales, negativos, desde la salinización del suelo, deforestación, erosión del suelo hasta la pérdida de biodiversidad. Pero las preguntas ahora serían ¿qué pasa con la producción agrícola a causa de la contaminación que genera en sí? ¿Qué ocurre con la producción agrícola ante el constante crecimiento poblacional?

Para responder dichas preguntas se tendría que revisar, paso a paso, cada proceso ocurrido, desde la relación crecimiento poblacional-contaminación hasta el contexto en el que dicha contaminación afecta a la tasa de crecimiento de la producción agrícola.

Recién en marzo de 2010, en las instalaciones de la revista National Geographic Society, la Secretaria de Estado, Hilary Clinton, mencionó que el crecimiento poblacional, aunado al cambio climático provocará que dos

terceras partes de la población mundial viva con escasez de agua en 2025. Si bien es cierto que gran parte de los conflictos mundiales se deben al vital líquido, también es cierto que el crecimiento poblacional de los dos últimos siglos está aunado al incremento de la contaminación, y esto último con el cambio climático.

Para el Fondo de Población de Naciones Unidas (UNFPA), en su informe de 2009, no tiene duda de que, en definitiva, la tasa mundial de crecimiento poblacional está ligada íntimamente al fenómeno del cambio climático. La lógica seguida es que a mayor cantidad de personas existentes en el planeta, existe mayor presión en el ambiente, debido a que la contaminación es producto de las actividades humanas

Don Hirichsen y Brian Robey (2000) de la Universidad John Hopkins (del cual se basa la presente investigación) ya habían analizado los impactos del crecimiento poblacional en el ambiente. En primer lugar, se especifica que al menos en 64 países en vías de desarro-

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador Facultad de Economía-CEDES, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

llo la tasa de crecimiento poblacional es mayor que la tasa de producción de alimentos, y que la misma ha degradado una cantidad similar a Canadá y Estados Unidos juntos en tierras cultivables. Por otro lado, la contaminación por medio de combustibles fósiles, aunado al crecimiento de la población urbana está provocando el calentamiento global que causa sequías y perturba a la agricultura. Esto lleva nuevamente a retomar las concepciones filosóficas de Thomas Malthus en el sentido de que a mayor población, se requiere mayor capacidad de alimentos para llegar a una ‘sociedad virtuosa’.

De acuerdo con esto, mientras existan ‘tierras libres’, la humanidad tiende a crecer sin ningún límite, por lo que en los tiempos antes de la industrialización, el excedente poblacional tenía la vía de escape en la migración y en la búsqueda de nuevas fuentes de tierra fértil.

María Lorena Castellanos señala que entre mayor es la población, mayor es la cantidad de consumidores, por lo que se generan mayores presiones ambientales «*El acelerado crecimiento poblacional, la emergencia de nuevos potenciales consumidores, específicamente la mayor demanda china e india, y los patrones de consumo mundiales (no amigables con el medio ambiente) crean presiones insostenibles sobre la naturaleza, superando la capacidad de carga de la misma...*» (Castellanos, 2009).

Ante esto, hay que considerar que la

tercera parte de la superficie terrestre es utilizada para los fines agrícolas y más de dos terceras partes del agua se utilizan para dicho fin. De acuerdo a los informes de la FAO, la contaminación por dióxido de carbono reduce los estomas<sup>2</sup> de las plantas por lo que puede mejorar la fotosíntesis de las plantas, pero entre los efectos negativos de esto, debido a que la contaminación por CO<sub>2</sub> y por otros combustibles de origen fósil, han generado cambios en el clima provocando que las lluvias no se distribuyan de igual forma en las diversas regiones, de hecho se prevé que tanto en América Latina como en Asia las precipitaciones sean cada vez menores provocando tierras más áridas.

La visión de la teoría económica neoclásica analiza el problema desde otra perspectiva. Por ejemplo Gylfason y Zoega (2002) sugieren que el aumento en el uso de los recursos desplaza al capital físico y humano, por lo que las tasas de crecimiento económico son menores. En el mismo sentido, Jeffrey Sachs y Andrew Warner (1995) señalan que la abundancia de los recursos naturales tiene una relación negativa con las tasas de crecimiento económico. En

---

<sup>2</sup> En botánica, se denominan estomas a los pequeños poros de las plantas localizadas en la superficie de sus hojas. Se conforman por dos grandes células de «guarda» y «oclusivas» rodeadas de células acompañantes. La separación que se produce entre las dos células de guarda, regula el tamaño total del poro y por tanto, la capacidad de intercambio de gases y de pérdida de agua de la planta.

otras palabras, la sobreexplotación de recursos genera problemas en la economía en vez de señalar que las condiciones socioeconómicas son las que empeoran las condiciones de los recursos como la tierra. La discusión que tendría que abrirse es si el ahorro y la inversión actúan de forma inversa a la actuación de los recursos naturales, o la posesión de recursos naturales tiene un comportamiento inverso al ahorro y a la inversión. Si bien es cierto que en la presente exposición no se trata de manera directa al comportamiento del ahorro y la inversión, estos son factores que actúan de manera directa a las tasas de crecimiento económico.

Sin embargo hay que considerar que la lógica del capitalismo industrial ha conllevado mayor incremento poblacional, lo cual ha implicado mayores tasas de producción industrial, mayor consumo de bienes, por lo que aparecen los problemas de corte ambiental como la contaminación por combustibles fósiles y el crecimiento de la mancha urbana. El crecimiento de los suburbios, ligado a la lógica del sistema de producción vigente, gana terreno a las zonas de producción rural, por lo que desplaza a la gente de estas zonas y su producción a zonas de producción marginal.

El presente trabajo busca mostrar que los efectos síndromes del cambio climático global están íntimamente ligados. En este caso se busca mostrar que el Síndrome del crecimiento urba-

no está conectado con el síndrome de la chimenea, a través de la contaminación por dióxido de carbono, y que esto último aunado al crecimiento de la infraestructura ha provocado el Síndrome Sahel, por lo que la producción agrícola es menor.

En esta presentación se estructura en primer lugar una definición de los efectos Síndromes del cambio global de acuerdo a la metodología del Consejo Consultivo Alemán sobre el Cambio Climático Global (WBGU por sus siglas en alemán), definiendo en específico los tres Síndromes a tratar. Después se señala el modelo a seguir para la demostración de lo dicho. En la penúltima parte se muestran los resultados y finalmente las conclusiones.

#### *Los Síndromes del Cambio Climático*

Las actividades socioeconómicas de las diversas partes del mundo no sólo han generado los cambios en las estructuras del uso y explotación de los recursos naturales y del medio ambiente, sino que se ha ido mas allá, abriendo la discusión sobre si el cambio climático y otros eventos similares en la estructura de la ecósfera han sido producto y a expensas de las economías de mercado, o en todo caso eventos lógicos de las fuerzas naturales como tratan de señalar los defensores de las economías de mercado.

Muchos de estos comportamientos derivan lo que el WBGU suele llamar «*Síndromes del Cambio Global*», que se

definen como: «*Constelaciones características, relevantes desde el punto de vista global, de las tendencias naturales y antropogénicas del Cambio Global, así como las interacciones entre las mismas*» (WBGU, 1997). Estos síndromes del cambio global son producto de los cambios que ha sufrido el medioambiente (Ecósfera) por parte de las actividades humanas y los cambios socioeconómicos en sí (Antropósfera). Esto hace más complejo el estudio de los cambios globales. Por lo que se establecen dos dimensiones de estudio: Horizontal y Vertical, los cuales deben ser integrados.

La Dimensión Horizontal se refiere al estudio de los problemas desde su estructura básica y sus interconexiones, así se desarrolla el concepto «Síndrome» para señalar los síntomas provocados por las actividades socioeconómicas (tendencias económicas, crecimiento poblacional, desarrollo tecnológico, usos y costumbres, comportamientos psicosociales, desarrollo geográfico y político, etc.). Mientras que la Dimensión Vertical implica las estrategias de respuesta de cada uno de los problemas. Se trata pues, de la búsqueda de los instrumentos adecuados para monitorear la efectividad (WBGU, op. cit.).

De acuerdo al Consejo Consultivo Alemán sobre el Cambio Global existen 16 fenómenos Síndromes, pero hay que recordar que los síndromes son modelos de causa-efecto que se componen de síntomas individuales interrela-

cionados entre sí por distintos tipos de interacción. De esa forma, estos síntomas se presentan como los factores causantes de los síndromes en particular. El objetivo de categorizar estos síntomas es la de revisar las políticas y generar cambios en diversos aspectos de la vida socioeconómica, lo que implica cambiar la cultura de cada persona en su ámbito social. Ante esto se debe mejorar las condiciones de política pública, para otorgar mayores y mejores alternativas para la mejora en las condiciones de vida, ya no sólo para el bienestar, sino también para el «Bien Estar» de los individuos. Así, la finalidad de las políticas públicas deben de incluir la sustentabilidad de los sistemas socio-ecológicos a escala, local, nacional y global (CEPAL, 2010).

Como ya se ha señalado mas arriba, el presente trabajo, es un estudio preliminar del estado de las cosas en base a la vinculación de tres de estos fenómenos: Crecimiento Urbano, Chimenea y Sahel, de los cuales se presentan los cuadros de estos fenómenos de acuerdo los síntomas, causas que los provocan y las manifestaciones ambientales y sociales que se manifiestan por cada uno de estos. Al analizar estos tres fenómenos, resulta evidente que están estrechamente relacionados unos con otros, sin embargo, el análisis de cada uno de estos debe ser de manera particular para estudiar cada Síndrome en lo individual.

### CUADRO I SÍNDROME CRECIMIENTO URBANO

---

Destrucción de paisajes a través de la expansión de ciudades e infraestructura  
Expansión urbana con impactos ambientales extensos

---

*Síntomas*

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— fragmentación de ecosistemas</li> <li>— consumo del ozono estratosférico</li> <li>— incremento del efecto invernadero</li> <li>— contaminación del suelo</li> <li>— peligros a la salud</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— contaminación con ozono</li> <li>— contaminación del aire urbano</li> <li>— lluvia ácida</li> <li>— compactación y sellado superficial</li> <li>— congestión del tráfico</li> </ul> |
|---|--|
- 

*Causas*

- concentración y fusión de sistemas urbanos – aglomeración
  - incremento de la densidad poblacional
  - compactación y sellado del suelo
  - fragmentación de hábitats
  - pérdida de biodiversidad
  - incremento en tráfico – contaminación (creciente inmisiones)
  - a las vías de comunicación le sigue una reestructuración de la infraestructura social con fuertes inversiones de capital
  - esto lleva a incrementos en los gastos energéticos y mayores flujos de materiales
  - incrementos en las demandas de casas-habitación provoca el crecimiento de las manchas urbanas en las periferias
  - diferenciación en el desarrollo entre los centros y los suburbios urbanos con una mayor presión sobre estos últimos
- 

*Manifestaciones ambientales*

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>— fragmentación de ecosistemas</li> <li>— consumo del ozono estratosférico</li> <li>— incremento del efecto invernadero</li> <li>— contaminación del suelo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— contaminación con ozono</li> <li>— contaminación del aire urbano</li> <li>— lluvia ácida</li> <li>— compactación y sellado superficial</li> </ul> |
|--|--|
- 

*Manifestaciones sociales*

- peligros a la salud
  - aglomeración
  - crecimiento acelerado de infraestructuras
  - segmentación y polarización del mercado laboral y de las estructuras socioeconómicas
  - congestión del tráfico
- 

**Fuente:** Pedro Wesche, *Acciones Preventivas y Mitigadoras ante el Cambio Climático Global* (2007)

## CUADRO 2 SÍNDROME CHIMENEA

---

Degradación medioambiental por la difusión a gran escala de sustancias recalcitrantes  
Efectos a grandes distancias a causa de la emisión de sustancias, seguida por su  
incorporación al agua y suelo del medio ambiente

---

### *Síntomas*

- pérdida de biodiversidad
  - eutrofización de ecosistemas
  - desgaste de la capa de ozono estratosférica
  - incremento en las radiaciones UV-B
  - incremento en el efecto invernadero
  - cambio climático regional y global
  - incremento en los niveles marinos
  - lluvia ácida
  - contaminación de suelos y mantos acuíferos
  - impacto sobre el agua potable
- 

### *Causas*

- disposición de sustancias no deseables simple y fácilmente distribuyéndolas lo más finamente posible en el medio o diluyéndola en el medio natural (agua, aire)
  - los contaminantes aéreos no son removidos por chimeneas altas, sólo son transportados a otras regiones – localmente para las partículas pesadas (polvo), regionalmente para NH<sub>3</sub> SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, y globalmente para CO<sub>2</sub> CFC's
  - transporte a grandes distancias por aire o agua
- 

### *Manifestaciones ambientales*

- efectos en el sistema después de su dispersión – destrucción del ozono por los CFC's, efecto invernadero por CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>
  - algunos se re-acumulan – NH<sub>3</sub> SO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub> en forma de lluvia ácida, pesticidas en la cadena trófica
  - no hacen falta grandes concentraciones – emisiones del uso de combustibles fósiles y de CFC's son muy bajas en términos absolutos
- 

### *Manifestaciones sociales*

- amenaza a la salud
- 

**Fuente:** Pedro Wesche, *Acciones Preventivas y Mitigadoras ante el Cambio Climático Global* (2007)

### CUADRO 3 SÍNDROME SAHEL

---

Sobre-explotación de tierras marginales combinado con pobreza rural  
Involucra a una red compleja de factores que provocan la degradación ambiental  
cuando la capacidad de carga ecológica es rebasada en regiones donde las  
condiciones ambientales (clima, suelo) restringen el uso agrícola (regiones  
marginales)

---

<i>Síntomas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— desestabilización de ecosistemas</li> <li>— pérdida de biodiversidad</li> <li>— degradación de suelos</li> <li>— desertificación</li> <li>— inseguridad alimenticia</li> <li>— marginalización</li> <li>— éxodo rural</li> </ul>	
-----------------	---	--

---

<i>Causas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— cambio de una agricultura sustentable a métodos agrícolas intensivos</li> <li>— perforación de pozos profundos</li> <li>— agricultura en regiones marginales (deforestación, roza-quema)</li> <li>— sedentarización de nómadas</li> <li>— sobre-pastoreo</li> <li>— rápido crecimiento poblacional</li> </ul>	
---------------	--	--

---

<i>Manifestaciones ambientales</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— degradación del suelo (erosión, pérdida de fertilidad, salinización)</li> <li>— desertificación (crecimiento de condiciones desiertas)</li> <li>— consumo de acuíferos fósiles</li> <li>— conversión de ecosistemas semi-naturales (p.e. deforestación)</li> <li>— pérdida de biodiversidad</li> <li>— cambios regionales del clima</li> </ul>	
------------------------------------	---	--

---

<i>Manifestaciones sociales</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— mayor susceptibilidad de las economías de subsistencia</li> <li>— pobreza en aumento</li> <li>— colapso de sistemas tradicionales de solidaridad</li> <li>— mayor vulnerabilidad a hambrunas</li> <li>— incremento en la frecuencia de conflictos políticos y sociales por escasez de recursos</li> <li>— efecto de refuerzo mutuo entre la pobreza, sobreexplotación y degradación del medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— amenaza de marginación</li> <li>— transformación cultural</li> <li>— éxodo rural (migración rural-urbana)</li> <li>— ruptura de los mecanismos locales de precios por las exportaciones subsidiadas de países industrializados</li> </ul>
---------------------------------	--	--

---

**Fuente:** Pedro Wesche, *Acciones Preventivas y Mitigadoras ante el Cambio Climático Global* (2007)

En dichos cuadros se pueden ver que las manifestaciones ambientales y sociales son puntos específicos de los cuales no hay que perder la secuencia misma de los problemas originados por las actividades antropogénicas.

Las consecuencias de los fenómenos síndromes no sólo están ligadas a factores económicos, sino que también están afectando a otra serie de elementos que aunque no están relacionados directamente con la ecología si afectan a las actividades humanas propias del desarrollo económico.

#### *Modelo*

Para poder demostrar la consecución de los fenómenos síndromes, se decide partir de modelos de regresión econométrica simple. El primero de ellos tiene que ver con el modelo clásico Cobb-Douglas en el cual el Producto Interno Bruto por unidad de uso de energía (de acuerdo a la paridad de poder de compra por la cantidad de su equivalente en petróleo) está en función de la cantidad de población urbana, puesto que el crecimiento poblacional implica ciudades mas grandes por lo que existe un mayor uso de energía proveniente de combustibles fósiles, principalmente del petróleo.

$$PIB_{PE} = AL_U^a \quad (1)$$

donde  $PIB_{PE}$  es el PIB medido por las unidades de energía mencionadas mas arriba,  $L_U$  es la población urbana existen-

te y  $A$  es la constante que indica la productividad por población urbana. A través de dicho proceso se calcula el promedio del producto por país, el cual sirve para medir el comportamiento de acuerdo a los factores de porcentaje de población urbana (PU). Para el primer caso se supone que a mayor porcentaje de población urbana que tiene un país mayor es el uso de energía para el proceso productivo de dicho país, mientras que a mayor porcentaje de población rural implica menor uso de energía en el aparato productivo. El Síndrome del Crecimiento Urbano tiene, como ya se ha señalado en la segunda parte, que dentro de sus manifestaciones sociales se localiza el crecimiento acelerado de la infraestructura a causa de mayor aglomeración. Esto último es verificable a partir de un mayor uso de energías de combustible fósil.

Precisamente, lo explicado al final del párrafo anterior envuelve que dentro de los síntomas y manifestaciones ambientales de dicho síndrome se encuentre mayor contaminación ambiental teniendo como causa mayor presión a los suburbios. El PIB promedio pronosticado en (1), sirve para formular la siguiente operación, en la cual se busca demostrar que cada país tenga un promedio mayor de uso de energía para el proceso productivo mayor será la contaminación por dióxido de carbono.

$$CO_2 = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 PIB_{PEF} \quad (2)$$

donde  $CO_2$  son, evidentemente, las

emisiones de dióxido de carbono por toneladas métricas por habitante, el subíndice  $F$  que se encuentra junto al PIB por uso de energía implica señalar que es el pronóstico del promedio de cada país. De igual manera, se busca el pronóstico promedio de cada país para analizarlo con las tasas de crecimiento poblacional urbano y rural, en el cual se busca implicar que países con tasas de población urbana mas elevadas tiene emisiones promedio de  $CO_2$  mas elevadas, la pregunta que cabría señalarse en este momento es ¿cuál es la característica del comportamiento entre ambas variables?

El síndrome de la chimenea, como se analiza mas arriba, tiene entre sus síntomas la pérdida de biodiversidad (como es el campo) y la contaminación de los suelos y los mantos acuíferos. Dentro de las manifestaciones sociales, son evidentes los daños a la salud, pero dentro de las manifestaciones ambientales se señala que no hacen falta grandes concentraciones de clorofluorocarburos (CFC's) y de combustibles fósiles para causar los daños a los sistemas ambientales por lo que se dañan los ambientes y a las personas. Pero la misma pérdida de biodiversidad y la degradación de los suelos son síntomas que se presentan en el Síndrome Sahel.

Ya que se está mencionando al Síndrome Sahel, hay que considerar que entre las causa que ocasionan este fenómeno se encuentra el crecimiento poblacional el cual conlleva el incremento

de la contaminación. De esa forma, se plantean las siguientes tres representaciones funcionales:

$$CO_2 = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 TPU \quad (3)$$

$$TAG = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 CO_{2FI} \quad (4)$$

$$TPIBAG = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 CO_{2FI} \quad (5)$$

para el caso de (3), es una reafirmación de (2), sólo que aquí se analiza de manera directa que la tasa de crecimiento poblacional ( $TPU$ ) de cada país está ligada a las emisiones de dióxido de carbono. De ahí mismo, nuevamente se determina un pronóstico promedio de cada país para analizar el porcentaje de tierra cultivable ( $TAG$ ) la tasa de crecimiento de la producción agrícola ( $TPIBAG$ ). Precisamente la identidad (5) permite revisar que la contaminación por este combustible fósil. Debido a que la gran mayoría del uso energético en el uso productivo proviene del petróleo y de otros combustibles de origen fósil que conforma el 80% de la energía utilizada en el planeta (Delgado, 2010). Y esto último implicaría daños en los suelos y mantos acuíferos, por lo que se pensaría evidentemente que la producción agrícola es cada vez menor a medida que la misma contaminación y el crecimiento urbano ha orillado la producción agrícola a las zonas marginales. Para todos los casos se utiliza el programa E-Views en su versión 6.

Para poder demostrar lo dicho, se requiere de la revisión de la información estadística disponible, en este caso

se considera la información del Banco Mundial. El primer paso fue la exploración en términos de la cantidad de datos existentes y, por dicha razón, se elige como periodo de estudio el año 2006. En el mismo sentido se seleccionan 112 países que tuvieran la información correspondiente con respecto al porcentaje de población urbana, emisiones de CO<sub>2</sub>, porcentaje de tierra agrícola y sobretodo la información del Producto Interno Bruto por uso energético (en término del poder de paridad de compra de kg. de petróleo) y la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto Agrícola.

Obviamente no se hace la diferencia entre las economías desarrolladas y las economías en vías de desarrollo, puesto que la hipótesis de este documento supone que los países con mayor nivel de producción tienen al mismo tiempo porcentajes de población urbana mas elevados que los países con niveles de producción menores. Esto último lleva consigo que a mayor nivel productivo mayor es el uso de energía, sobretodo basada en petróleo y otros combustibles de origen fósil. Las implicaciones de esto provocan que los crecimientos de las manchas urbanas de los países con mayores niveles de producción (y por tanto, mayor consumo energético) reduce el territorio destinado a la producción agrícola, y por tanto, a la productividad de la misma.

Se están considerando 22 países africanos, 21 de América Latina, 29 de Asia

y Oceanía, mientras que el resto son de América del Norte y Europa. Bajo este contexto, pareciera que es desigual el comparativo a realizar, sin embargo, se establece el principio señalado mas arriba, puesto que se considera que (principalmente las economías africanas), entre mas intensivo sea en agricultura, menor son los índices de contaminación, mientras que economías basadas en servicios e industria tienen índices de contaminación mas altos. Pero además cabe señalar que países antes agrícolas que consideran la industrialización y el comercio como su vía de desarrollo, tendrán condiciones adversas al campo a medida que se incremente la contaminación a causa de estas actividades.

De esa manera en el siguiente apartado se busca demostrar que los fenómenos síndromes mencionados están de alguna manera interconectados a través de la evidencia presentada.

#### *La evidencia*

El primer paso, antes de mostrar los resultados y comportamiento gráfico se presenta la información de cada una de las variables básicas del estudio. De acuerdo con el cuadro 1, que se presenta mas abajo, para el año 2006 la tasa de crecimiento poblacional para estos 112 países fue de 1.14%, siendo la República Ex-Soviética de Moldova el país que presentó decrecimiento poblacional, a pesar de ser una de las naciones europeas con mayor porcentaje de tierra

agrícola (75%) y reducción de su producción en dicho sector, además de ser una de los países con menores emisiones de CO<sub>2</sub>. El país con mayor tasa de crecimiento poblacional es Eritrea con el 3.47% de crecimiento en dicho año, dicho país africano, tiene un porcentaje similar de tierras agrícolas que Moldavia con una tasa de crecimiento de su producción agrícola de casi 9% y con emisiones de dióxido de carbono casi cero.

De la muestra, el promedio de población urbana es del 59.06%. Trinidad y Tobago es el país con el menor porcentaje de población urbana (12.54%), mientras que Bélgica es una población netamente urbana (97.32%). El primero de ellos es de los países con menor porcentaje de tierras rurales y una reducción de su producción agrícola (-10.1%) y de los mayores emisores de CO<sub>2</sub>. El segundo caso tiene de los porcentajes de tierra rural mas elevados y caídas en su producción agrícola muy similar a Trinidad y Tobago, y aunque tiene menores tasas de emisiones de dióxido de carbono en comparación al país caribeño, siguen siendo muy altas.

En el caso del porcentajes de tierra agrícola, el promedio muestral es de 43.51%. El sultanato de Brunei corresponden al 1.95% del total de su territorio, mientras que Nigeria con una población urbana del 46.92% de su población total y crecimiento de la producción agrícola del 7.4% es el de mayor

extensión porcentual de tierras rurales (85.64%). Cabe señalar que Nigeria es de los países con emisiones de dióxido de carbono cercanas a cero mientras que Brunei tiene emisiones superiores a las de Bélgica.

Son 5.32 toneladas métricas por habitante de emisiones del CO<sub>2</sub> y un PIB de 5.82 por unidades de energía usada (en términos del poder de paridad de compra por kg. de petróleo) como promedios de la muestra. La República Democrática del Congo es el país que presenta 0.04 toneladas métricas por habitante en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>, y el país que utiliza menos energía en su economía. El 10% del territorio congoleño es rural con una tasa de crecimiento agrícola del 2.52% y una densidad urbana del 32.72%. Los Emiratos Árabes Unidos, el tercer productor de petróleo del Golfo Pérsico, presentan 32.95 toneladas métricas por habitante en término de emisiones del dióxido de carbono, sin embargo no es uno de los países que utilice mayor cantidad de energéticos en su economía, a pesar de ser uno de los países con menor porcentaje de tierras rurales, presenta una tasa de crecimiento de producción agrícola del 5%. Perú con un PIB de 14.35% por unidad de uso de energía representa el valor máximo de esta categoría. El país andino es de las naciones más urbanizadas de América Latina con una tasa de crecimiento de producción agrícola del 8% y 1.37% de toneladas métricas por

habitante de emisiones del dióxido.

El promedio muestral de la tasa de crecimiento de la producción agrícola es del 2.01%, siendo la República Ex-Soviética de Turkmenistan la que presenta una reducción del 19.35%, mientras que Marruecos es el país con mayor tasa de crecimiento de producción agrícola (22.95%). Lo curioso es que existen países con porcentajes menores de tierra agrícola en términos del total de su territorio con crecimientos de la productividad en esta área, mientras que el país asiático cuyo porcentaje supera por mucho al promedio de la muestra tiene caídas en su producción (se calcula que la extensión rural de dicho país es de cerca de 341,600 km<sup>2</sup>), sin embargo la población urbana es casi el 50% del total de su población y su emisiones de dióxido de carbono son superiores al promedio señalado mas arriba. Marruecos, un país que es casi la mitad de Turkmenistán y con aproximadamente 312,585 km<sup>2</sup> de tierras rurales, tiene

más del 50% de población urbana pero con pocas emisiones de CO<sub>2</sub> (1.47 toneladas métricas por habitante). Además llama la atención que países con mayor extensión territorial, tanto en lo general, como en tierra cultivable, no tengan tasas de crecimiento de producción en esta área, sí mayor capacidad de contaminación.

De acuerdo a la identidad Cobb-Douglas (1) se tiene que el coeficiente  $\alpha$  es cerca de 0.6, lo cual indica que se está viviendo en economías mas intensivas en mano de obra urbana

$$PIB_{PE} = AL_U^{0.59}$$

considerando lo anterior se realiza una simulación a partir del pronóstico de este Producto. Posteriormente se analiza la simulación realizada con respecto al porcentaje de población urbana de cada país el cual muestra un comportamiento creciente, en el cual a medida que los países mas urbanizados presen-

**CUADRO 4**  
**INFORMACIÓN ESTADÍSTICA BÁSICA**

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>
Population growth (annual %)	1.14	0.98	3.47	-1.35
Rural population (% of total population)	40.94	20.00	87.46	2.68
Urban population (% of total)	59.06	20.00	97.32	12.54
Agricultural land (% of land area)	43.51	20.50	85.64	1.95
CO2 emissions (metric tons per capita)	5.32	5.69	32.95	0.04
GPD per unit of energy use (constant 2005 PPP \$ per Kg of oil equivalent)	5.89	2.66	14.35	0.94
Agriculture, value added (annual % growth)	2.01	6.79	22.95	-19.35

Fuente: Basada en la información del Banco Mundial

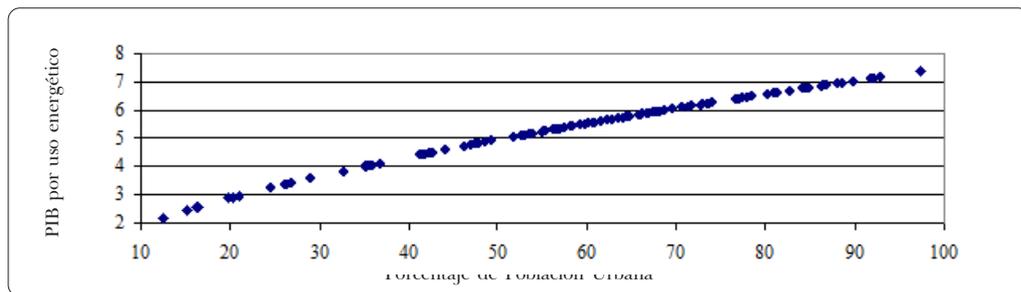
tan uso de energías mas elevados en la realización de su Producto Interno Bruto, tal y como se observa en la Figura 1

Retomando la identidad (2) del cual se parte del pronóstico de la función Cobb-Douglas se muestra que por cada unidad del PIB por uso de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> se incrementan en 1.85 toneladas métricas por habitante (el valor entre paréntesis es el error estándar).

$$CO_2 = -4.63 + 1.8469 PIB_{PEF} \\ (2.3411) \quad (0.4244)$$

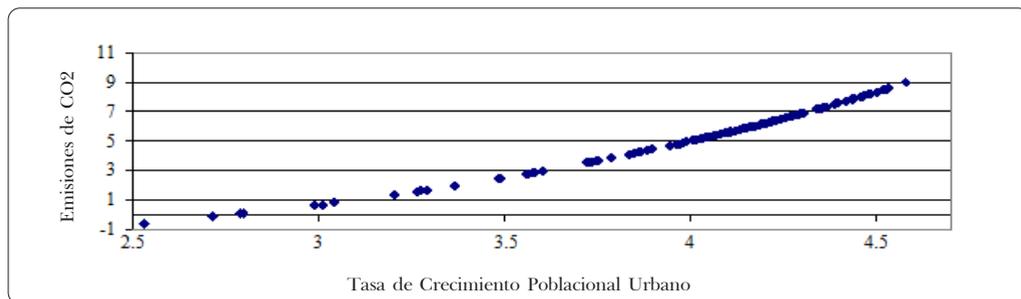
realizando nuevamente una simulación a partir del pronóstico de emisiones de dióxido de carbono con respecto a la tasa de crecimiento poblacional urbano, se encuentra que ha medida que las tasas se incrementan las emisiones contaminantes lo hacen de igual forma, aunque esto parece tener un comporta-

**FIGURA 1**  
**SIMULACIÓN ENTRE LA**  
**POBLACIÓN URBANA Y PIB POR USO DE ENERGÍA**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico de la función Cobb-Douglas

**FIGURA 2**  
**TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**  
**CON RESPECTO AL DIÓXIDO DE CARBONO PRONOSTICADO**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico de la función Cobb-Douglas

miento exponencial, aunque de una forma poco clara.

Independientemente del comportamiento gráfico entre ambas variables, es evidente que tasas de crecimiento poblacional urbano conlleva a un incremento per cápita de contaminantes. Por lo que ahora la identidad (3) queda definida en el sentido de si la población urbana crece en 1%, las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> crecen aproximadamente en 0.04%

$$CO_2 = -12.19 + 0.0438 TPU$$

(4.768) (1.1846)

Para el caso de la identidad (4) se decide por un modelo log-lin el cual se determina tanto con el valor observado y los valores pronosticados de CO<sub>2</sub>. En términos generales, los resultados no varían demasiado en términos del porcentaje de tierras rurales se tiene para

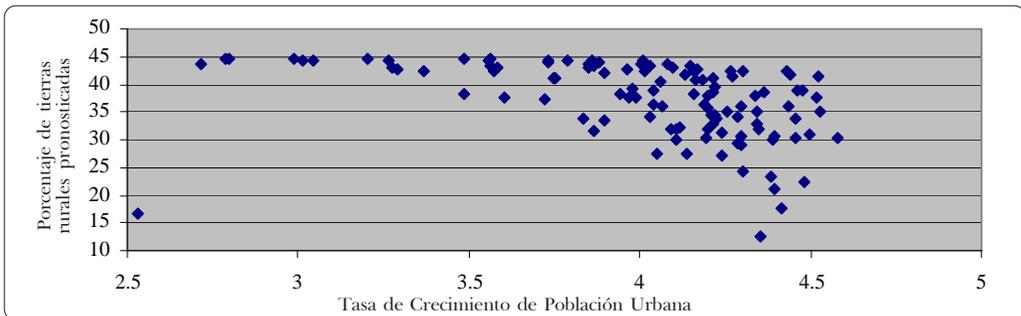
la muestra

$$LTAG = 3.8 - 0.0387 CO_{2FI}$$

(0.0885) (0.0114)

por lo que el aumento por una tonelada métrica per cápita de este emisor, se relaciona con una reducción de 3.87% en el porcentaje de tierras agrícolas en el planeta. La lógica implica que ha medida que es mayor la tasa de crecimiento de la población urbana, no sólo implica un incremento en emisiones contaminantes, sino que también implica de manera directa o indirecta en que el porcentaje de tierras rurales del total territorial de un país se reduzca, incluso por la vía de la contaminación. A partir de la simulación del pronóstico desarrollado para el porcentaje de tierras rurales se verifica el comportamiento con respecto a la tasa de crecimiento de población urbana y el CO<sub>2</sub>, mostrado en las figuras 3 y 4. Con

**FIGURA 3**  
**URBANISMO Y TIERRAS RURALES**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico sobre el porcentaje de tierras rurales

excepción de Trinidad y Tobago, se muestra que el crecimiento poblacional urbano absorbe a las tierras rurales existentes en el planeta, de igual forma se ve un comportamiento negativo aunque con otro tipo de pendiente con respecto a las emisiones del dióxido contaminante.

Bajo estas circunstancias se realiza la regresión (5) en el cual se busca demostrar, efectivamente, que la contamina-

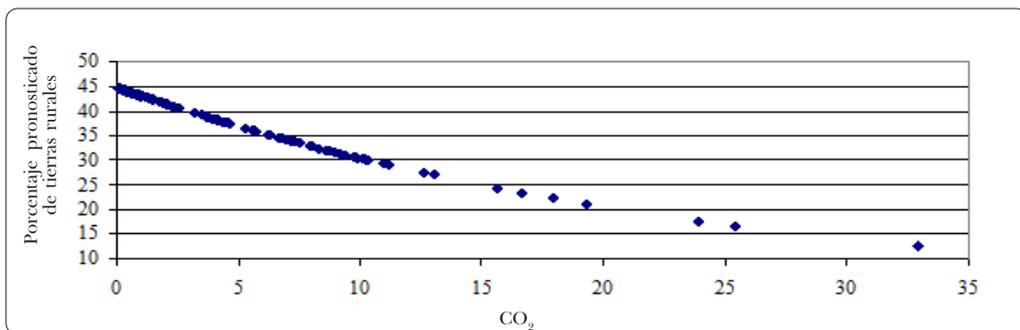
ción afecta no sólo en términos del porcentaje de la tierra rural, sino que también afecta a la producción agrícola de cada país. Los resultados de dicha regresión:

$$TPIBAG = 4.6399 - 0.4941CO_{2FI}$$

(0.0674) (0.0087)

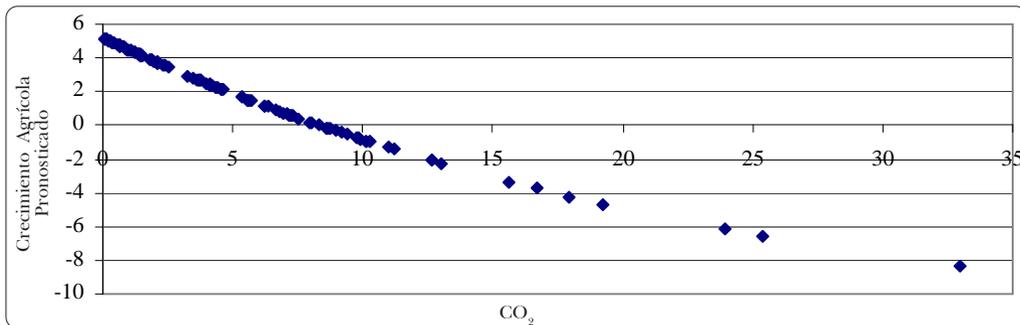
lo cual indica que si las emisiones contaminantes aumentan una tonelada

**FIGURA 4**  
**CONTAMINACIÓN Y TIERRAS RURALES**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico sobre el porcentaje de tierras rurales

**FIGURA 5**  
**SÍNDROME DE LA CHIMENEA AL SÍNDROME SAHEL**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico sobre el crecimiento del producto agrícola

métrica por habitante, la producción agrícola disminuye en 0.49% aproximadamente. Aparentemente es pequeña dicha cantidad, pero si se asumiera el promedio de 5.32 toneladas métricas promedio, la pérdida de producción agrícola sería del 2.62% ante una población creciente y necesaria de alimentos.

Así el Síndrome de la Chimenea provoca al Síndrome Sahel y con los procesos anteriores se muestra que el Síndrome de Crecimiento Urbano provoca al primer Síndrome mencionado, y probablemente el Síndrome Sahel provocará otros Síndromes. El vínculo del Síndrome Sahel se establece en la Figura 5, mientras que la relación entre el PIB con respecto de energía y la simulación de la tasa de crecimiento de la producción agrícola se verifica en la Figura 6.

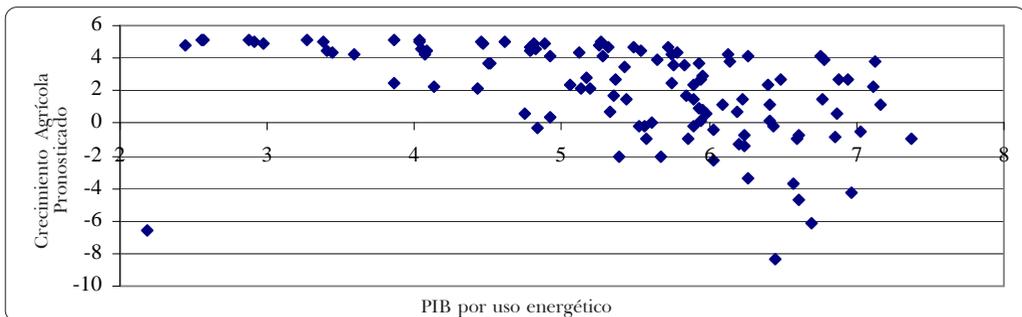
Pero cabe aclarar que no se está diciendo que estos son los únicos fenó-

menos relacionados, puesto que el crecimiento de las manchas urbanas genera otros Síndromes del Cambio Climático, al igual que el uso de tierras marginales conlleva a otros fenómenos del mismo tipo, y también ocurre con la contaminación urbana.

En esta última figura, nuevamente con excepción de Trinidad y Tobago, a mayor uso de energía en el proceso productivo, menor es la tasa de crecimiento de producción agrícola.

Hasta este momento las simulaciones presentadas en las diversas figuras llevan a pensar en la relación de Síndromes desde sus causas hasta sus manifestaciones ambientales y sociales. La lógica sería por dos vías, por un lado, el crecimiento de las ciudades implica desplazamientos de la población rural a zonas marginales para el cultivo; por otro lado, la contaminación del aire también afecta a los mantos acuíferos y al suelo por lo que las afectaciones

**FIGURA 6**  
**PIB POR USO DE ENERGÍAS A SÍNDROME SAHEL**



**Fuente:** Realización propia a partir del pronóstico sobre el crecimiento del producto agrícola

productivas son evidentes, convirtiendo las tierras fértiles en tierras marginales para la producción agrícola.

Ante esto último se puede decir que la conformación de las ciudades está mas en las funciones económicas de mercado, que ser asentamientos humanos como tales, por lo cual el uso de energías no renovables en tales lugares provoca que el ciudadano estadounidense gaste, en términos per cápita, su peso en CO<sub>2</sub> (Delgado, 2010)

### *Conclusiones*

En el presente trabajo se señala que la producción agrícola siempre ha generado la sospecha de provocar una serie de impactos ambientales, negativos, desde la salinización del suelo, deforestación, erosión del suelo hasta la pérdida de biodiversidad. Sin embargo el criterio utilizado en este documento fue el análisis desde una perspectiva diferente sin dudar de la validez de otras visiones de la sustentabilidad.

Para responder las preguntas realizadas al inicio de esta presentación, se tuvo que revisar paso a paso cada proceso ocurrido, desde la relación crecimiento poblacional-contaminación, hasta el contexto en el que dicha externalidad afecta a la tasa de crecimiento de la producción agrícola, revisando los contextos tanto de la sustentabilidad, como de la teoría económica.

La hipótesis inicial es que la aglomeración de los sistemas urbanos provoca, en muchas ocasiones crecimiento ace-

lerado de infraestructuras como una de las causas sociales, y la mayoría de las veces este crecimiento es bastante desordenado, hasta llegar a absorber terrenos que eran de uso agrícola. La misma expansión urbana además de generar un síndrome de chimenea a través de los contaminantes propios de las urbes, también ha provocado síndromes de uso, como es el caso del síndrome Sahel, que se ve a partir de como la carga ecológica es rebasada en regiones donde las condiciones ambientales en el clima y el suelo restringen el uso agrícola. El mismo crecimiento urbano ha desplazado a poblaciones rurales a trabajar en tierras marginales, además de degradar suelos, la contaminación misma de las ciudades ha provocado una disminución en la productividad agrícola.

Para poder demostrar esto se requirió de la información básica del Banco Mundial sobre Población Urbana, Tierras Rurales, CO<sub>2</sub>, Producto Interno Bruto por uso energético y la producción agrícola de 112 países tanto desarrollados como en vías de desarrollo.

Empleando los elementos instrumentales con los que cuenta la economía se evidencia que efectivamente existe una relación entre los tres Síndromes descritos: Expansión Urbana, Chimenea y Sahel y que además no son fenómenos exclusivos de las economías desarrolladas, sino que dichas manifestaciones también se localizan en los países en vías de desarrollo, sean estos

o no de nueva industrialización.

A partir de las simulaciones realizadas, se ha mostrado que naciones con poblaciones urbanas mayores a sus poblaciones rurales, requieren de mayor uso de energía en la realización de su Producto Interno Bruto. Un mayor uso de energía implica mayor contaminación, sobretodo por la utilización de combustibles fósiles (principalmente petróleo), por lo que se incrementan las emisiones de  $\text{CO}_2$  originando el Síndrome de la chimenea. El crecimiento de la población provoca el aumento de las ciudades quitando espacios a las tierras rurales, además de que la contaminación también contribuye a este hecho. De igual forma las emisiones de dióxido de carbono afectan los mantos acuíferos y al suelo, por lo que existe una reducción en la producción agrícola, induciendo que por un lado, el cre-

cimiento de las ciudades implican desplazamientos de la población rural a zonas marginales para el cultivo; por otro lado, la contaminación del aire también afecta a los mantos acuíferos y al suelo por lo que las afectaciones productivas son evidentes, convirtiendo las tierras fértiles en tierras marginales para la producción agrícola.

Esto mismo permite replantear la forma en que evoluciona la economía en nuestros días, más allá de los mecanismos de industrialización y crecimiento económico. Aquí sólo se trata de la contaminación por bióxido de carbono, más no se ha tratado de otras emisiones contaminantes, como los fluorocarburos, los óxidos de nitrógeno y otros que además de ser nocivos a la salud humana, también afectan a la producción agrícola ante la expansión económica.

## REFERENCIAS

- Casanova, M. (2003) *Degradación de Suelo*. Conservación de suelos y Aguas, [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/c20033121140uch\\_intro\\_2003.ppt](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c20033121140uch_intro_2003.ppt)
- Castellanos, M. L. (2009) *El desarrollo sustentable y la globalización: lo que la lógica de mercado no contó...*, Observatorio de las Américas, Quebec, en [http://www.ieim.uqam.ca/IMG/pdf/Maria\\_Lorena.pdf](http://www.ieim.uqam.ca/IMG/pdf/Maria_Lorena.pdf)
- CEPAL (2010) *Síndromes de la Sostenibilidad del Desarrollo*, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, en <http://www.eclac.cl/cgibin/getprod.asp?xml=/esalc/noticias/paginas/8/20528/P20528.xml&xsl=/esalc/tpl/p18f.xsl&base=/esalc/tpl/top-bottom.xsl>
- Delgado, G. (2010) *Sin Energía. Cambio de Paradigma, Retos y Resistencias*, Plaza y Valdés Editores, México.
- DERN-IMECBIO, DRBSM/CONANP y LaSUR-EPFL (2003) *Global Change, Urbanization and Natural Resource Management in Western Mexico*, EFRN News, European Tropical Forestry Research Network, Netherlands
- Gómez, J.J. (2001) *Vulnerabilidad y Medio Ambiente*, Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe, CEPAL
- Hinrichsen, D. y B. Robey (2000) *La Población y el Ambiente: El Reto Global*, John Hopkins University, en [http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/hinrichsen\\_robey.html](http://www.actionbioscience.org/esp/ambiente/hinrichsen_robey.html)
- Petschel-Held, G (2006) *Qualitative Reasoning and Global Change Research: Experiences from Modeling Human-Environment Systems for Policy Advice*, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany
- Swamikannu, N., B. Shiferaw y S. Wani (2009) *Assessing the Economic and Environmental Impact of Integrated Watershed Management in Semi-Arid Production Systems in India: An Integrated Crop-Livestock Bioeconomic Modeling Approach*, 7<sup>th</sup> International Science Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, IHDP, [www.openmeeting2009.org](http://www.openmeeting2009.org)
- UNFPA (2009) *Estado de la Población Mundial 2009*, Organización de Naciones Unidas, en [http://www.unfpa.org.mx/SWOP09/SWOP2009\\_report\\_Spanish.pdf](http://www.unfpa.org.mx/SWOP09/SWOP2009_report_Spanish.pdf)
- WBGU (1997) *World in Transition: The Research Challenge*, Annual Report 1996, Springer-Verlag, Berlin.
- Wesche, P. (2007) *Acciones Preventivas y Mitigadoras ante el Cambio Climático Global*, Universidad de las Américas, SEMARNAT.

