

# **Cambio climático y la agricultura: Un análisis descriptivo-metodológico de los indicadores de bioeconomía para Argentina, Brasil y México, 1960-2018**

Arturo Conejo Sotelo<sup>1</sup>

Sergio Antonio García Gómez<sup>2</sup>

## **Introducción**

El objetivo de este trabajo es analizar las variables de categoría bioeconomía de la base de datos del Banco Mundial para los tres países de mayor desarrollo en Latinoamérica (Argentina, Brasil y México) y se comparan estos indicadores con los observados en siete países de Centroamérica, para el periodo de 1960-2018. En algunos casos, de acuerdo con la disponibilidad de datos, el periodo se reduce a 1970-2018, 1990-2018, y 2010-2017. Se eligió la zona de Centroamérica como comparativo para explicar si existe un efecto imitación hacia los llamados grandes (¿economías?), y porque resulta importante analizar el desarrollo de la región central del continente por las posibilidades que tiene hacia un mejor impacto en la economía sustentable.

En este trabajo se retoma como base la agricultura y se estudia como este sector influye en el cambio climático, se investiga como el aumento de la agricultura genera un incremento en la deforestación y un incremento del uso de fertilizantes, lo que provoca una consecuencia directa en el uso excesivo de energías fósiles.

Se analiza como el uso excesivo de energías fósiles crea un impacto directo en las emisiones de CO<sub>2</sub> y en los gases de efecto invernadero (GEI) que a su vez genera una baja calidad del aire.

## **Discusión teórica de la importancia de la agricultura y el cambio climático**

A partir del desarrollo del capitalismo, la acumulación de gases de efecto invernadero han llegado niveles que no se habían presentado en siglos anteriores en el planeta; según algunos autores, estos cambios han sido evidentes a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, y la evidencia se muestra en el aumento de la temperatura en menos de un grado centígrado en el periodo 1880-2012 (López y Hernández, 2016). Esos cambios climáticos han sido más notorios en la parte del hemisferio norte donde el capitalismo se desarrolló con mayor intensidad, y donde el uso de la energía para el proceso industrializador afectó en la generación de residuos, que antes de las últimas décadas no eran una preocupación para el medio ambiente, y a raíz del mismo desarrollo tecnológico, se ha hecho posible la medición de esos efectos a largo plazo.

Esta problemática ha llevado a que la ciencia económica empiece a considerar los efectos contrarios que se darán en la parte de la producción alimentaria y el papel que tiene en la concentración de la riqueza, tanto al interior de las economías, como entre los distintos países desarrollados y emergentes. Se espera que los cambios climáticos afecten el desempeño en la producción alimentaria lo que hará más evidente la brecha entre los más ricos y pobres y, hará más difícil la lucha contra la pobreza al afectar la seguridad alimentaria global. Por eso, la bioeconomía, junto con otras disciplinas, han realizado el esfuerzo por comprender los efectos adversos del

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, FESC

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana

llamado cambio climático, por lo que el seguimiento de los indicadores en esta área resulta muy relevante.

Es probable que el sector agrícola sea de los más afectados por estos efectos negativos, dada su dependencia al factor climático, y de esa manera las regiones que presentan altos grados de marginación económica pueden resultar más perjudicados al no poder garantizar los niveles mínimos de alimentación de su población. A pesar de que la producción de alimentos es fundamental para garantizar el desarrollo de la sociedad humana, lo paradójico es que el sector agrícola ve disminuida su participación dentro de la producción medida por el principal indicador de progreso. Así en 2010, el sector primario, a nivel mundial representó alrededor del 29% del PIB dentro de los países con ingresos bajos, mientras que para los países medios fue del 10.5% y, en los países ricos esa participación fue de tan sólo 1.5% del PIB. Pero a pesar de esos datos, todavía una buena parte de la superficie terrestre de nuestro hábitat, un 40%, está dedicada a la agricultura y la ganadería y, un 38% de la población mundial depende de ese sector para vivir (López y Hernández, 2016).

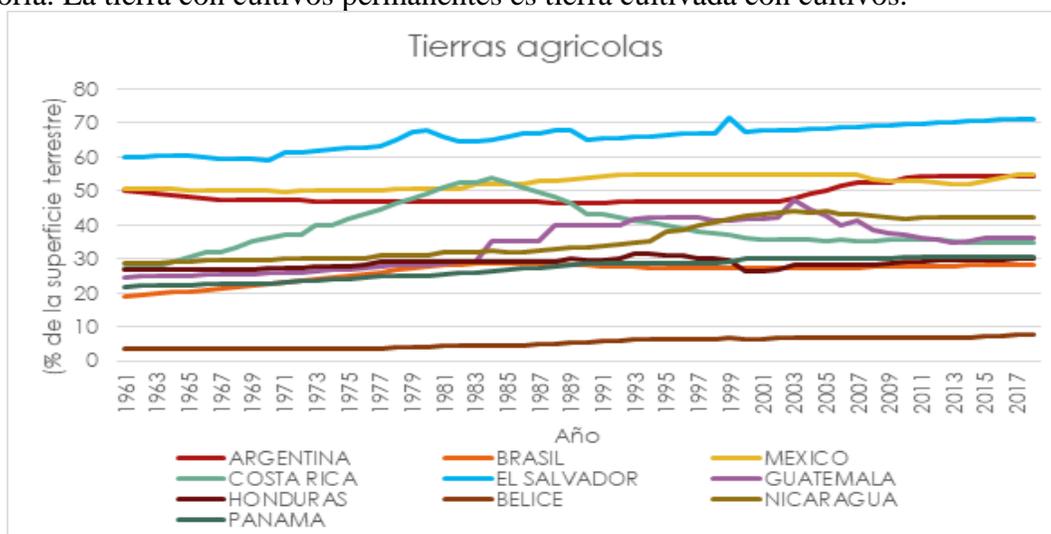
El sector agrícola es tanto víctima como victimario en cuanto al calentamiento global, aun cuando el sector agrícola no genera mayoritariamente los contaminantes por el uso de las energías no renovables, este se ve afectado por los efectos residuales al medio ambiente generados por parte de los sectores industriales y de servicios (transportes), pero conviene comentar su contribución particular en la producción de contaminantes.

### **Comportamiento de los gases de efecto invernadero a nivel mundial**

En el año 2000, de acuerdo con un estudio de los gases de efecto invernadero a nivel mundial, la agricultura contribuyó con el 14% de las emisiones, siendo los cambios de uso de tierra (18%) y la energía (24%) los aspectos que más contribuyen a tales emisiones, el transporte e Industria aportan de manera similar cada uno un 14% de estos gases. Sin embargo, se estima que la contribución de la agricultura puede subir notablemente si se consideran las emisiones indirectas como la utilización de maquinaria agrícola, transporte y las producidas por el uso de los fertilizantes. Debido a esto, el papel de la agricultura en la emisión de esos gases debe seguirse estudiando (Bermejo, 2010).

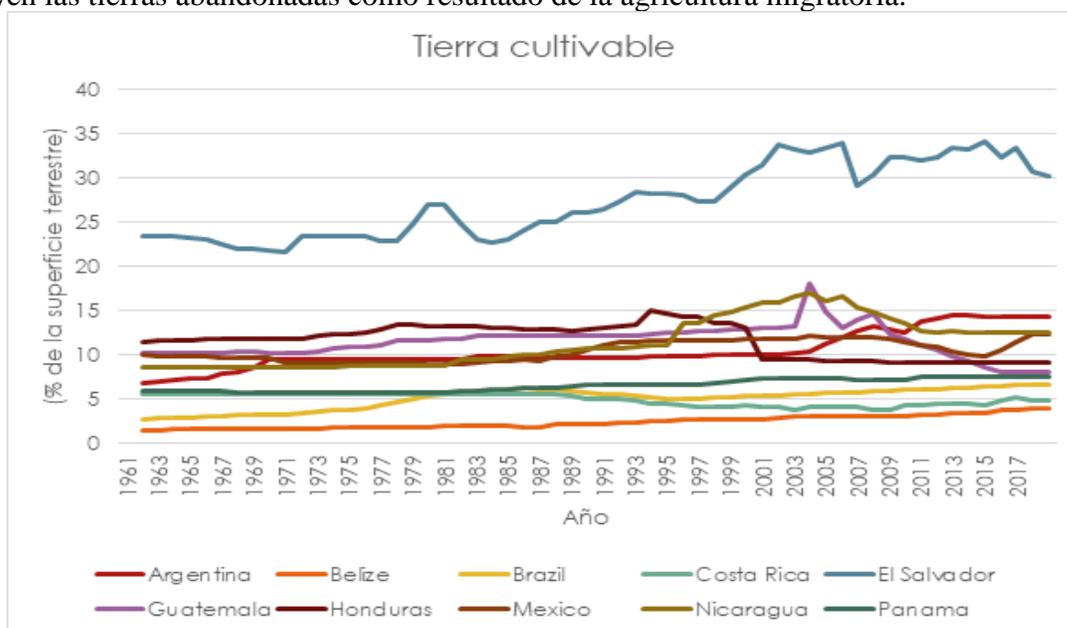
Durante las últimas décadas, el papel de la agricultura asumió un rol diferente en los países emergentes. A partir de 1950, el modelo seguido en la industrialización de América Latina propició que la agricultura fuera decayendo como porcentaje dentro del PIB y se pensaba que su mayor contribución al desarrollo económico era su aporte al crecimiento de mano de obra y a la generación de alimentos. Después se ha entendido que también la agricultura responde a los cambios tecnológicos y está ligada a los otros sectores económicos, y cuando se fomenta este sector también se contribuye a disminuir la pobreza, en especial en los sectores poblacionales de más bajos recursos (López y Hernández, 2016). Tal vez el cambio en el papel agrícola propició el aumento de las tierras agrícolas en algunos países de Centroamérica, como en Costa Rica, Guatemala y El Salvador, donde se han incrementado esos porcentajes (Gráfica 1 y Gráfica 2). Por su parte, en los países más desarrollados como Brasil, Argentina y México, ese porcentaje ha permanecido relativamente estable. Argentina y México con cerca del 50-55% de la superficie terrestre de sus territorios. Se destaca que El Salvador tiene el mayor porcentaje de tierras agrícolas de los 10 países estudiados (60-70%) y también el mayor destinado a tierra cultivable (del 25-35%).

Gráfica 1. La tierra agrícola se refiere a la parte del área de tierra que es cultivable, con cultivos permanentes y con pastos permanentes. Las tierras cultivables incluyen tierras definidas por la FAO como tierras con cultivos temporales (las áreas de doble cultivo se cuentan una vez), prados temporales para segar o para pastos, tierras para huertos de mercado o de cocina y tierras en barbecho temporalmente. Se excluyen las tierras abandonadas como resultado de la agricultura migratoria. La tierra con cultivos permanentes es tierra cultivada con cultivos.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

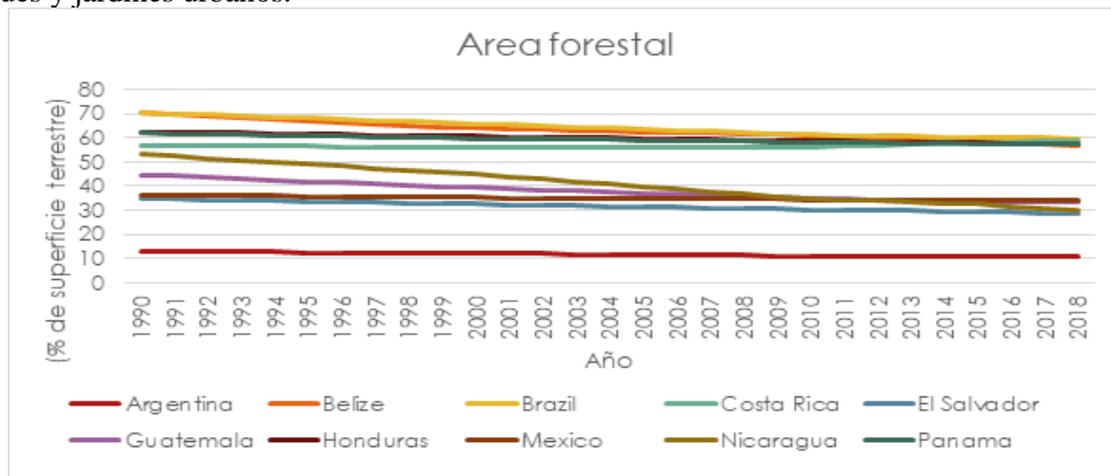
Gráfica 2. Las tierras cultivables incluyen tierras definidas por la FAO como tierras con cultivos temporales (las áreas de doble cultivo se cuentan una vez), prados temporales para segar o para pastos, tierras para huertos de mercado o de cocina y tierras en barbecho temporalmente. Se excluyen las tierras abandonadas como resultado de la agricultura migratoria.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

En contraparte, la actividad que más perjudicado ha sido es el área forestal, ya que su deforestación por el incremento de la actividad agrícola, sumado al crecimiento desmesurado de los asentamientos humanos. Es decir, para dedicar una hectárea más al cultivo o a los asentamientos humanos, las áreas forestales deben ceder una parte, lo que de alguna manera afecta a la estabilidad y correcto funcionamiento de los sistemas ecológicos. Esta pérdida de las áreas forestales, así como la rapidez a la que se presentan estos cambios, provocan procesos negativos en diferentes escalas, lo cual puede ser muy difícil de revertir. Entre las consecuencias se observan la disminución de los mantos acuíferos, así como la estabilización del suelo. La extensión y distribución de las áreas forestales es un indicador para conocer el estado ambiental de un país y su capacidad para mantener en funcionamiento una sociedad y sus ecosistemas; su pérdida gradual y su falta de renovación puede implicar una modificación en los procesos de intercambio de los sistemas. (Cuevas y otros, 2010).

Gráfica 3. El área forestal es la tierra debajo de rodales naturales o plantados de árboles de al menos 5 metros in situ, ya sean productivos o no, y excluye los rodales de árboles en los sistemas de producción agrícola (por ejemplo, en plantaciones de frutas y sistemas agroforestales) y árboles en parques y jardines urbanos.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

En la Gráfica 3 podemos observar como los países que han aumentado sus tierras agrícolas y cultivables antes mencionadas han disminuido su porcentaje de superficie forestal con una pérdida constante en todos los países, aunque en tasas muy pequeñas de disminución del área forestal. Aquí cabe mencionar que en esta caída gradual entra en la discusión sobre qué se debe priorizar, si atender las necesidades básicas de vivienda y alimentación, o mantener saludables las áreas forestales. En el largo plazo ambos asuntos deben tener un equilibrio, porque mantener los ecosistemas es tan importante como satisfacer las necesidades básicas de la población, y los dos aspectos están muy interrelacionados.

Asimismo, la pérdida de área forestal provoca el 17% de las emisiones de carbono en el mundo, una cantidad casi igual a todo el dióxido de carbono que genera el transporte mundial (FAO). La importancia de la manutención de las áreas forestales es necesaria para evitar el deterioro de los ciclos biológicos del suelo que provocan la disminución de nutrientes, agua y la absorción de dióxido de carbono.

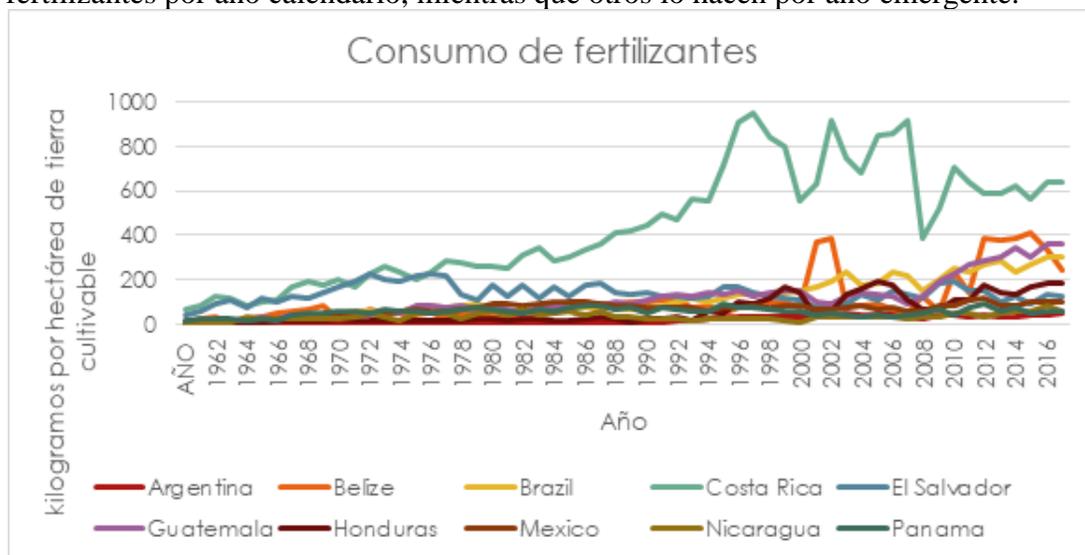
Para mitigar la pérdida de nutrientes por la erosión del suelo es necesario el uso de fertilizantes nitrogenados los cuales son una de las fuentes que genera mayores emisiones.

Como menciona la autora Bermejo:

“Con la industrialización agrícola el empleo de fertilizantes químicos se ha disparado, pasando de 14 millones de toneladas en 1954 a 194 millones de toneladas en 2007 (FAOSTAT). La mayor parte de éstos son fertilizantes nitrogenados. Se calcula que los fertilizantes sintéticos proporcionan actualmente más del 40% del nitrógeno asimilado por las plantas, habiéndose multiplicado por dos el volumen de nitrógeno que se incorpora al ciclo terrestre (Steinfeld, 2009). Sin embargo, la eficiencia con que las plantas utilizan los fertilizantes sintéticos es muy baja... Se calcula que sólo el 17% de los fertilizantes nitrogenados producidos en 2005 fueron asimilados por los cultivos, dispersando el resto por los ecosistemas y provocando grandes problemas de contaminación y de emisiones (Erisman, 2008)” (Bermejo, 2010, p.18).

Los países que más aumentaron la utilización de fertilizantes por área cultivada en agricultura fueron Costa Rica, Belice, Guatemala, y Brasil (Gráfica 4). Esto estaría demostrando, con la excepción de Brasil, que los aumentos particulares de países en el uso de fertilizantes se tienden a concentrar en naciones de áreas forestales reducidas y que tienden a mostrar un aumento en su producción agrícola, pero con una incidencia en los niveles de emisión por uso de esos fertilizantes.

Gráfica 4. El consumo de fertilizantes mide la cantidad de nutrientes vegetales utilizados por unidad de tierra cultivable. Los productos fertilizantes comprenden fertilizantes nitrogenados, potásicos y fosfatados (incluido el fosfato de roca molido). No se incluyen los nutrientes tradicionales (abonos animales y vegetales). A los efectos de la difusión de datos, la FAO ha adoptado el concepto de año calendario (de enero a diciembre). Algunos países compilan datos sobre fertilizantes por año calendario, mientras que otros lo hacen por año emergente.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

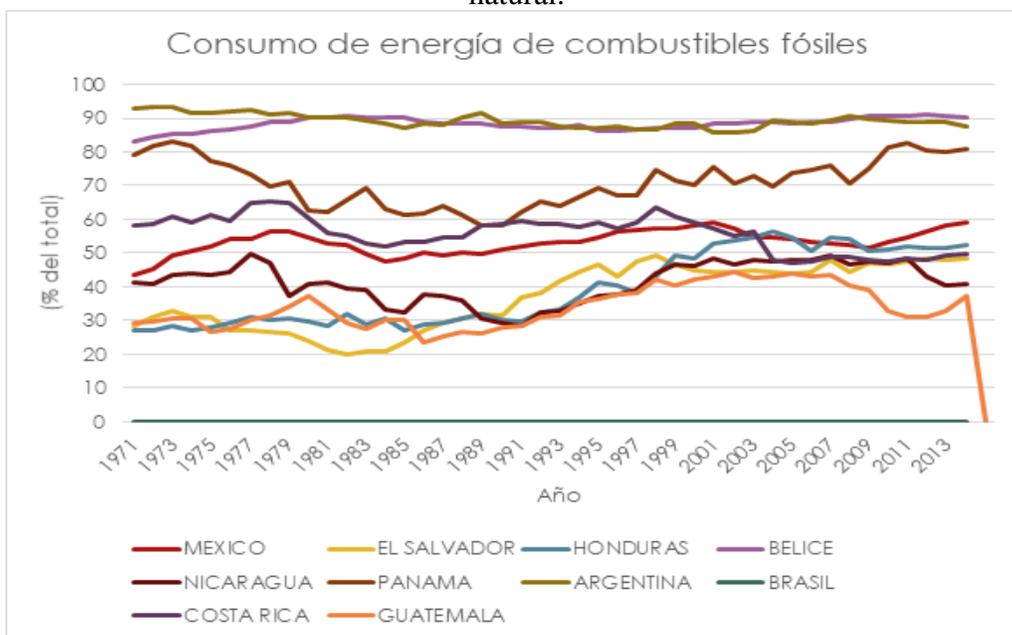
Además del uso y aumento de producción de fertilizantes, otro gran aporte de la agricultura al cambio climático es el uso de energía fósil. En las décadas de 1950 y 1960, la agricultura experimentó la llamada de la Revolución Verde, propiciando un proceso de industrialización de la agricultura a nivel global. Ese proceso iniciado en 1950 y tomando como año final del periodo 1984, generó un incremento de la producción mundial de granos en un 250%, según datos reportados en el estudio de Allen. Ese aumento no fue producto de una mejora en la utilización de la energía tradicional solar, ni de un crecimiento en la superficie dedicada a la agricultura, sino que provino básicamente de una energía adicional producida por el uso de los fertilizantes, pesticidas y de mejoras en la irrigación. Todo esto suministrado por un mayor consumo de hidrocarburos (Allen, 2011).

La Gráfica 5 nos muestra como el consumo de combustibles fósiles en Centroamérica tiene una tendencia al alza, siendo Belice el principal consumidor, o generador de este rubro, mientras que Argentina se ha mantenido en niveles altos. Se han incorporado una mezcla de energías fósiles y renovables en la zona, pero el asunto es que el consumo de hidrocarburos ha seguido aumentando y, no así el uso de energía renovable, por lo que su participación en ésta, dentro del total, permanece en niveles bajos.

Actualmente sigue existiendo un gran uso del petróleo y del gas natural, por lo que las otras fuentes renovables como: la solar y la eólica, mantienen un porcentaje relativamente menor. Se espera que el incremento del consumo de hidrocarburos también provoque que las emisiones de gases se incrementen (Honty, 2017).

La agricultura es uno de los sectores que seguirán utilizando como energías principales combustibles fósiles, ya que se vuelve cada vez más dependiente de pesticidas, fertilizantes, y maquinaria, que facilitan la producción agrícola para poder hacer frente a la creciente demanda, sin contar el transporte de los productos a su destino final.

Gráfica 5. Los combustibles fósiles comprenden productos de carbón, petróleo, petróleo y gas natural.

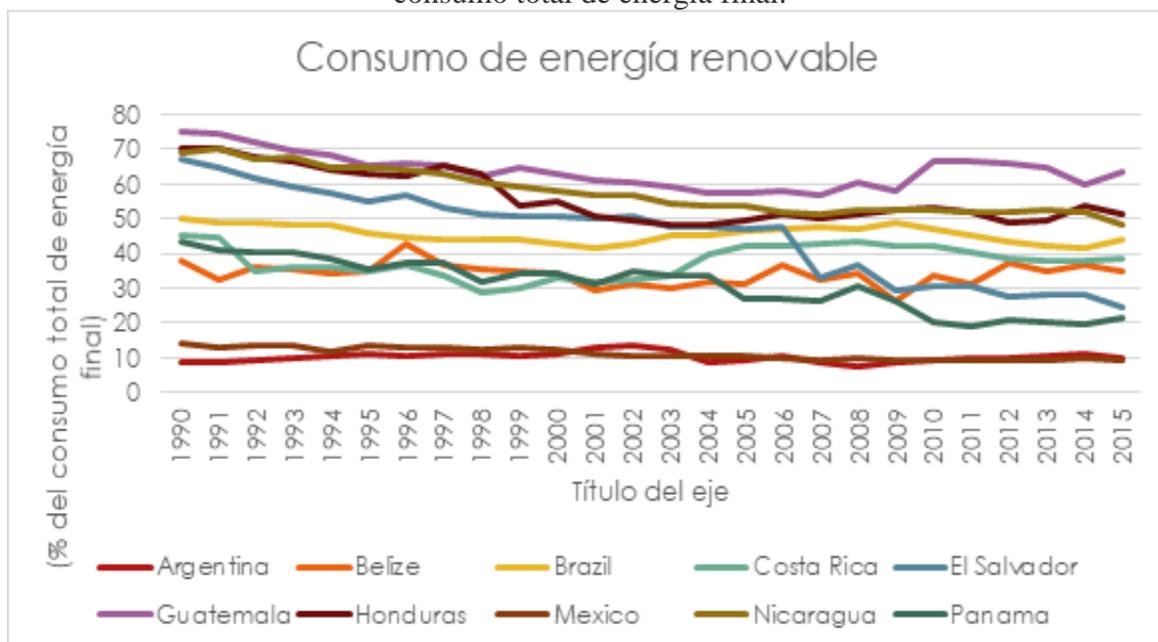


Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

Para disminuir la dependencia de la agricultura del uso de los combustibles fósiles, una de las posibles soluciones es el uso de energías renovables, como las que provienen del aprovechamiento de los recursos como la energía solar, la hidráulica, la eólica, biomasa o la geotérmica. Las ventajas de las energías renovables se encuentran disponibles en la naturaleza, no se consumen en los procesos de transformación y se renuevan naturalmente, su impacto en el medio ambiente es menor en comparación con las energías convencionales y brindan beneficios como reducción de emisiones de partículas nocivas, nuevas oportunidades de empleo, ahorro de recursos y reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, aumento del acceso a la energía y sostenibilidad energética y disminuyen los costos de operación y mantenimiento del sistema energético (Romero et al, 2018).

Como vemos, el uso de energías renovables puede ser un punto estratégico para mitigar el cambio climático, disminuir costos y mejorar la productividad en la agricultura. Sin embargo, algunos desafíos que presenta la implementación de estas energías, es la falta de aceptación y conciencia social (Romero *et al.*, 2018). Son pocos los países de Centroamérica que apuestan a este cambio, porque los costos iniciales que están implicados al migrar hacia esas fuentes de energía son elevados. En la siguiente gráfica (6) se puede observar una línea estable con tendencia hacia la baja en el uso de energía renovable en todos los países analizados durante el periodo 1990-2015.

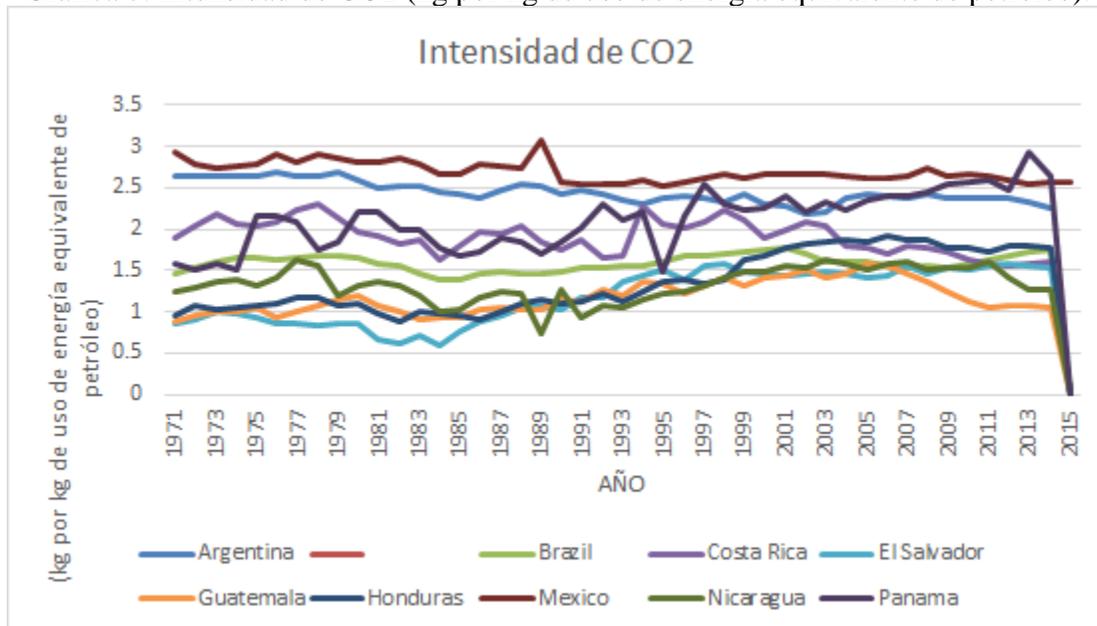
Gráfica 6. El consumo de energía renovable es la participación de la energía renovable en el consumo total de energía final.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

En este contexto, el aumento de la agricultura, la pérdida de suelo forestal, y el incremento en el uso de los fertilizantes, así como un consumo elevado de combustibles fósiles, pueden generar un impacto mayor en las emisiones de CO2 y consecuentemente en el llamado calentamiento global.

Gráfica 7. Intensidad de CO2 (kg por kg de uso de energía equivalente de petróleo).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

La gráfica 7 muestra la intensidad de CO2 proveniente de energía fósil, donde los dos países más altos en este indicador son México y Argentina, aunque con tendencia constante y a la baja durante 1971-2015. Los otros 7 países se encuentran en la región media. Este indicador está ligado al uso del petróleo en la generación de energía usada en la agricultura, tanto para su mecanización, irrigación y la producción de fertilizantes y pesticidas.

Hay que recordar que los grandes resultados de la revolución verde, impulsada por el agrónomo norteamericano Bourlag, tanto en México (Sonora) y Argentina, al mejorar notablemente los rendimientos de la producción de trigo, se dieron en las décadas de 1970 y 1980. Y esto provino básicamente de dos factores: el primero estuvo del lado genético con las semillas híbridas más resistentes a las plagas y más productivas; y el otro estuvo focalizado en la mecanización y la irrigación, así como el desarrollo de fertilizantes, ligado al uso de energía proveniente del petróleo. Las críticas a ese modelo impulsado por la revolución verde, derivó de los sectores ambientalistas que pronosticaban los riesgos a los ecosistemas, y el incremento de los gases invernadero, producto de las emisiones de CO2 al medio ambiente (Bourlag y Dowswell, 2011).

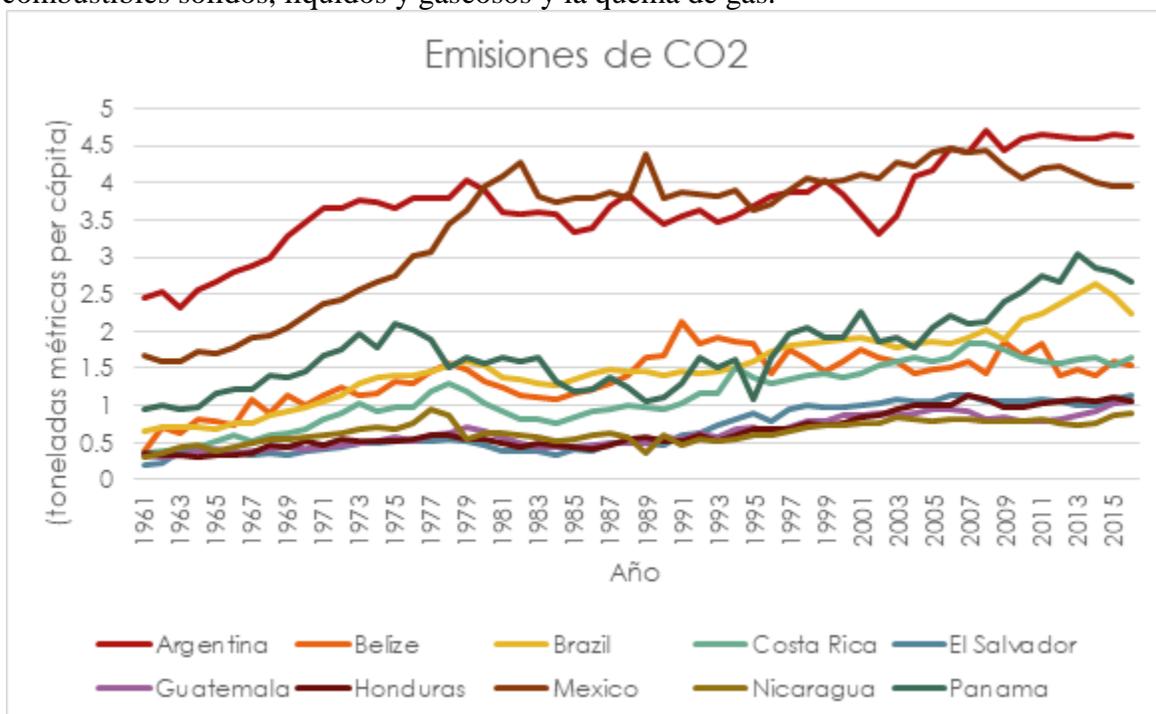
Las emisiones de CO2 provocadas por el cambio climático pueden llegar agravar los niveles de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios, incluso puede llegar amenazar la productividad agrícola a largo plazo y en consecuencia la seguridad alimentaria, esta es una causa más que suficiente para que los diferentes gobiernos del mundo realicen varias reformas institucionales y políticas públicas con la finalidad de restablecer los impactos causados por este sector económico (Cuesta, 2017).

Aunque los cultivos agrícolas son de gran importancia para la seguridad alimentaria, aproximadamente el 14% de las emisiones de efecto invernadero se desprenden de esta actividad y forman parte de los causantes del cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero,

no obstante, no se consideran algunas actividades habituales en la agricultura como la energía utilizada y los cambios en el uso del suelo, así como la transformación industrial (Cuesta, 2017).

La gráfica 8 da evidencia que tanto México como Argentina, los mayores en la intensidad de CO<sub>2</sub> (gráfica 7), son los que más contribuyen a las emisiones entre los 10 países analizados. Aunque ese indicador no mide únicamente las emisiones producidas en la agricultura, de alguna manera las dos gráficas (7 y 8) son consistentes.

Gráfica 8. Las emisiones de dióxido de carbono son las derivadas de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y la quema de gas.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

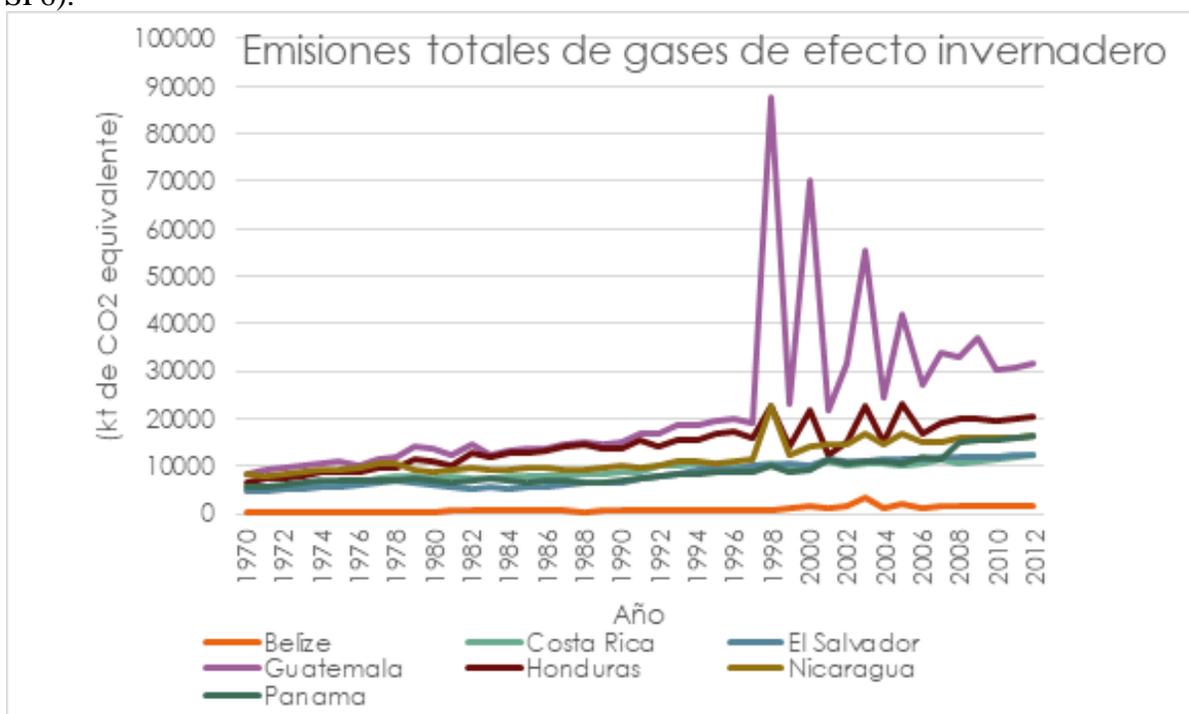
La posibilidad de minimizar los efectos de las concentraciones de los gases de efecto invernadero depende por un lado de que se trabaje en una verdadera reducción y control de las emisiones, y por otro, de la capacidad de los ecosistemas de continuar absorbiendo grandes cantidades de carbono por medio del proceso de fotosíntesis de las plantas. Por eso, la gran superficie terrestre destinada a la agricultura (40%) y su impacto sobre los ecosistemas, tiene un gran papel para incidir en el ciclo de carbono del planeta. (Bermejo, 2010)

Conforme se transforman los suelos forestales en tierras agrícolas, hay un desajuste en ese equilibrio natural. Pero la problemática económica de satisfacer las necesidades alimenticias con la incorporación de avances tecnológicos (revolución verde y ahora semillas transgénicas) siempre está envuelta en discusiones por sus impactos ambientales. Ahora con el seguimiento de los indicadores del área de la bioeconomía, es posible hacer un mejor monitoreo de esos efectos nocivos a los ecosistemas.

Aun cuando la agricultura no es la que mayormente contribuye a la emisión de los gases de efecto invernadero en el mundo, ya que produce entre el 30-35% de esos gases, sino más bien contribuye con otros gases, producto del manejo del estiércol y los fertilizantes (Saynes, *et al.*, 2016), conviene revisar los indicadores de la emisión total de los gases efecto invernadero (GEI) en los países analizados.

Separamos a los países centroamericanos de los tres más desarrollados, porque hay mucha diferencia entre las emisiones de ambos grupos.

Gráfica 9. Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en kt de CO2 equivalente se componen de los totales de CO2 excluyendo la quema de biomasa de ciclo corto (como la quema de desechos agrícolas y la quema de sabanas) pero incluida la quema de otra biomasa (como incendios forestales, descomposición posterior a la quema, incendios de turba y descomposición de turberas drenadas), todas las fuentes antropogénicas de CH4, N2O y gases fluorados (HFC, PFC y SF6).

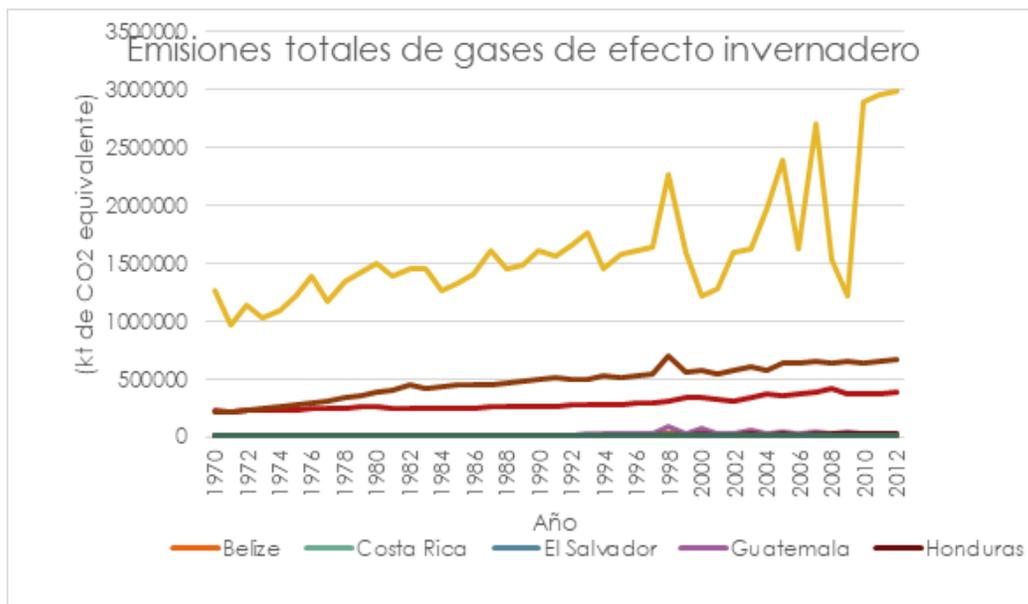


Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

Casi todos los países centroamericanos están en el rango de las 10 mil y 20 mil unidades, excepto Guatemala que da un brinco notable a partir de 1996-2000, hasta llegar a niveles cercanos de las 90 mil unidades, para luego descender a las 30 mil para 2012. Pero esos niveles de emisión de GEI son muy bajos comparados con los tres países más industrializados de Latinoamérica.

Gráfica 10. Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en kt de CO2 equivalente se componen de los totales de CO2 excluyendo la quema de biomasa de ciclo corto (como la quema de desechos agrícolas y la quema de sabanas) pero incluida la quema de otra biomasa (como incendios forestales, descomposición posterior a la quema, incendios de turba y descomposición

de turberas drenadas), todas las fuentes antropogénicas de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y gases fluorados (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

México y Argentina se ubican en el rango entre las 250 mil y 500 mil unidades, mientras que Brasil se mueve de manera creciente entre 1 millón de unidades y 3 millones durante el periodo 1970-2012. Evidentemente, esas emisiones están más influidas por los niveles de industrialización y desarrollo de los servicios de transporte de las economías observadas y, otra parte se explica por su crecimiento urbano, como veremos a continuación.

El mismo desarrollo económico ha propiciado un crecimiento urbano notable en las capitales y principales ciudades de los países latinoamericanos a partir de 1950, y ese proceso de concentración urbana ha descansado inicialmente en la migración de las zonas rurales hacia los centros urbanos, y posteriormente en un flujo de ciudad a ciudad dependiendo de la demanda de mano de obra, a veces fomentada por políticas públicas que buscan la desconcentración de las ciudades más habitadas hacia otras con menores niveles de población, tratando de mitigar las crisis en las mayores ciudades (da Cunha y Rodríguez, 2009)

Ese fenómeno ha incidido en un aumento de la contaminación, ya que ha sido más difícil atender el crecimiento de la demanda de servicios de una manera planificada, por lo que la producción industrial de bienes de consumo y la necesidad de transporte dentro de las ciudades ha propiciado que los niveles de calidad del aire hayan disminuido, además de la emisión de CO<sub>2</sub> se han sumado los materiales en partículas depositados en el aire, llamados PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (Green y Sánchez, 2013).

Ese material es una mezcla de partículas tanto sólidas como líquidas, y al quedar flotando en el aire por las emisiones, son absorbidas por los habitantes al ser respiradas. Se identifican por su tamaño en micrómetros, así las PM<sub>10</sub> miden 10 micrómetros, y las PM<sub>2.5</sub> miden 2.5 micrómetros. Este último al ser muy pequeño es fácilmente respirable y puede provocar desde molestias en los pulmones, hasta mayores males pulmonares o incluso cardiacos. Algunas de las

partículas son generadas por distintas fuentes, básicamente por la combustión de las gasolinas de los automóviles, por los desechos al aire de los procesos industriales, construcción y también por los incendios. Lo que hace que mucha de esta emisión al aire provenga de las actividades económicas generales de las ciudades (Green y Sánchez, 2013).

Una de estas actividades es la agricultura, La FAO (2002) estima que alrededor de una cuarta parte de las emisiones totales de gases de efecto invernadero provienen de la agricultura, incluyendo actividades como la ganadería, la producción de arroz y los cambios en el uso de la tierra, contribuyendo también a la mala calidad en el aire, siendo la principal actividad de factor humano en generar amoniaco:

“El ganado representa aproximadamente el 40 por ciento de las emisiones globales, los fertilizantes minerales el 16 por ciento y la combustión de biomasa y residuos de cultivos el 18 por ciento aproximadamente. La combustión de biomasa de plantas es otra fuente importante de contaminantes del aire que incluyen dióxido de carbono, óxido nitroso y partículas de humo. Se estima que los seres humanos son responsables del 90 por ciento aproximadamente de la combustión de biomasa, principalmente a través de la quema deliberada de vegetación forestal, asociada con la deforestación, y residuos de pastos y cultivos para favorecer el crecimiento de nuevos cultivos y destruir hábitat de insectos dañinos” (p. 76).

Como vemos, estos datos dan evidencia de como la agricultura es un potencial enemigo del cambio climático si no se toman medidas cautelares, es decir, se necesita prevención y para ello es fundamental disminuir los niveles de amoniaco en actividades relacionadas a este sector.

Evidentemente este problema no solo atañe a las ciudades, y para su control es necesario que los países tengan regulaciones con normas de calidad del aire ambiental, los países desarrollados han hecho esfuerzos por generar estas regulaciones, Sin embargo, la mayoría de los países de Centroamérica pareciera que no hacen los esfuerzos necesarios. Creemos que para empezar a reflejar estos esfuerzos, implicaría adoptar los estándares internacionales e implementar sistemas de monitoreo permanente.

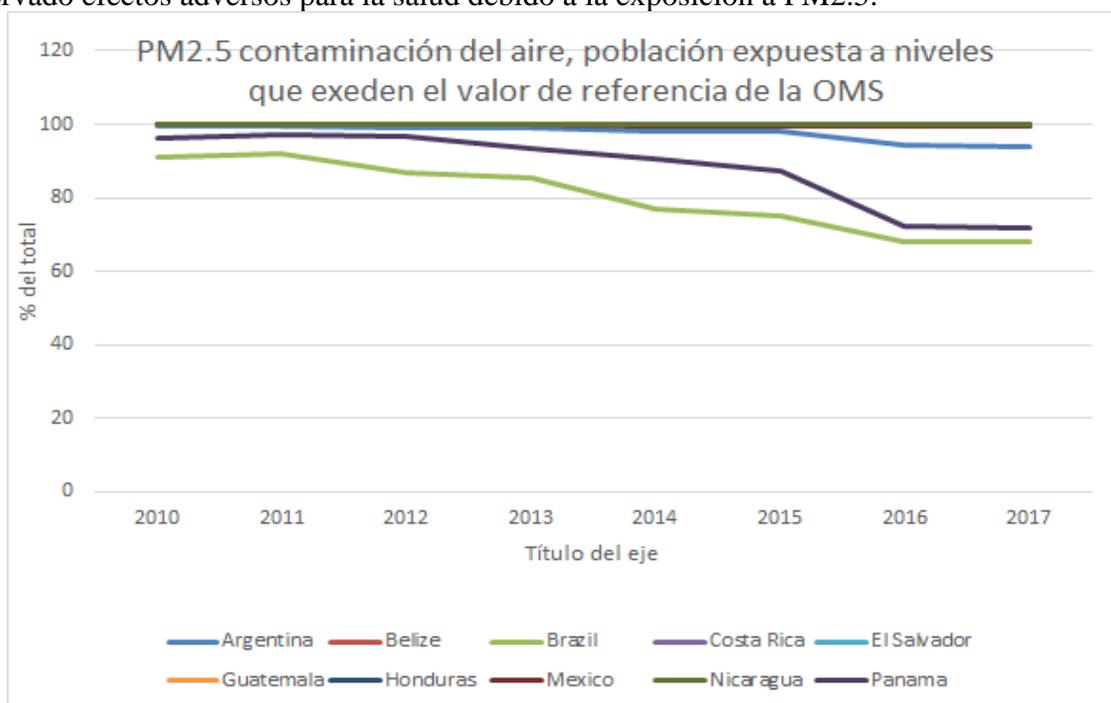
Aparte de la incorporación de esas medidas estandarizadas internacionalmente, también es conveniente tratar de reducir las emisiones de esas partículas, al ir identificando a los principales generadores e incentivar la aplicación de políticas públicas de prevención, de sanción o de prohibición de ciertas actividades en extremo contaminantes dentro y fuera de las ciudades.

No obstante, parece que la incorporación de estas medidas estandarizadas no está funcionando del todo, si se observa la gráfica 10, esta da evidencia que en el periodo que va de 2010 al 2017, la mayoría de los países estudiados mantienen por encima del 90% a la población expuesta a concentraciones ambientales de PM2.5 que exceden el valor de referencia de la OMS, a excepción de Brasil y Costa Rica, que a partir del 2013 se puede observar que han hecho un gran esfuerzo por disminuir el porcentaje de la población expuesta a la contaminación del aire por debajo del 80%.

Como vemos, es importante seguir presionando para que las medidas estandarizadas sean más eficientes y, si es el caso, se logren implementar, los gobiernos deben de ser más consistentes en disminuir el porcentaje de la población que está expuesta a la contaminación del aire, porque si no logran reducirlo en el mediano plazo, se tendrá un gran problema de salud, que puede ser mucho

más contraproducente, está en sus manos (creado políticas públicas eficientes) el prevenir esta situación.

Gráfica 10. El porcentaje de población expuesta a concentraciones ambientales de PM2.5 que exceden el valor de referencia de la OMS se define como la parte de la población de un país que vive en lugares donde las concentraciones medias anuales de PM2.5 son superiores a 10 microgramos por metro cúbico, el valor de referencia recomendado por la Organización Mundial de la Salud como el extremo inferior del rango de concentraciones sobre las cuales se han observado efectos adversos para la salud debido a la exposición a PM2.5.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de World Bank (Data Bank World development indicators).

## Conclusiones

A largo plazo, las afectaciones del cambio climático que pueden impactar a la agricultura se pueden plantear en términos económicos respecto a una reducción de la productividad, ya que si el aumento de la temperatura del planeta se presenta de manera brusca, y eso produce cambios fuertes en los ciclos estacionales (sequías, inundaciones, etc.), la adaptación de la sociedad humana ante tales modificaciones no será la adecuada. Sin embargo, si el cambio climático sigue una tendencia gradual, como ha sido hasta ahora (0.75 de punto centígrado de aumento en los últimos 250 años) o se empieza a revertir esa tendencia, entonces es probable que se presente una adaptación gradual ante esas variaciones. De hecho, los esfuerzos por disminuir las emisiones de los GEI y buscar un mayor uso de fuentes de energía renovables, nos habla de los intentos de adaptación de la sociedad humana, cuando menos en algunos sectores conscientes de esa problemática.

Aun así, las proyecciones contienen un buen grado de incertidumbre, ya que en las distintas regiones del planeta no se trabaja de forma conjunta o planeada. Mientras que en los países desarrollados empiezan a avanzar en el uso de energías renovables, siguen emitiendo la mayor carga de los contaminantes a la atmósfera, y por el lado de las economías emergentes aun cuando

no aportan mucho en la generación de emisiones, tampoco han hecho el esfuerzo por revertir la tendencia creciente en el consumo de combustible fósiles.

El concepto de economía sustentable ha dado lugar a posiciones encontradas, pero ha provocado que las miradas se vuelvan hacia agricultura tradicional para que retome aspectos más enfocados en el cuidado ambiental y económicamente menos contaminante. Dentro de esto último se busca una disminución en el uso de los productos de agroquímicos actuales, sin que eso afecte a la productividad y al manejo de plagas.

La bioeconomía plantea una transición gradual del uso de combustibles fósiles hacia una mayor incorporación de energías renovables, lo que necesariamente debe contribuir hacia una disminución de los GEI. Pero también se busca que una innovación más limpia llegue a la agricultura y esta siga contribuyendo a la seguridad alimentaria de la sociedad.

Asimismo, parte de los aportes de la bioeconomía se encuentra en promover una especie de reconciliación entre ecología con la economía y que esto pueda fomentar mejores innovaciones en los procesos industriales, también en conjunto con otras disciplinas que contribuyan a esa causa.

Aun cuando la discusión pueda centrarse entre dos aspectos que pueden presentarse como excluyentes es conveniente evitar la dicotomía entre alimentos y energía, uno por encima del otro, o alguno como más prioritario que el otro. La seguridad alimentaria y la preservación del medio ambiente deben verse como caras de la misma moneda, tratando de solventar una necesidad económica pero también con respeto a los ecosistemas.

Algunos autores proponen que la discusión se plantee tomando en cuenta en las siguientes consideraciones:

- 1) Las condiciones naturales, respetando la biodiversidad, los suelos, y condiciones agroclimáticas
- 2) La necesidad de promover la seguridad alimentaria
- 3) El uso de las capacidades de conocimiento para fomentar la innovación
- 4) Recursos financieros para la inversión
- 5) Desarrollo de infraestructura, información y comunicaciones (Hodson, 2018).

Así, una transición de una economía basada en el uso de energías fósiles a una basada en el conocimiento y en el uso adecuado de los recursos biológicos, faculta enfrentar los retos de un desarrollo sustentable. Entre cuyos objetivos hay que considerar: seguridad alimentaria, salud, bienestar social, agua limpia, energía menos contaminante, industrialización con un mayor respeto de los ecosistemas.

Es indudable que estos elementos deben nutrir la discusión en torno a la bioeconomía, en especial en lo que concierne a nuestro ámbito, los procesos de innovación. Fue muy interesante adentrarnos en estos temas, aun cuando los planteamientos teóricos no han sido discutidos a profundidad en el trayecto de estudio de la maestría, pero iniciarnos en los planteamientos de esta temática nos ayuda a ampliar la frontera de análisis tanto del aspecto económico de la innovación, como de las políticas que coadyuven a considerar los aspectos de sustentabilidad.

## Referencias literarias

- Allen, D.** (2012) “Comemos combustibles fósiles”, Polis [En línea], 14 | 2006, Publicado el 11 agosto 2012. URL: <http://journals.openedition.org/polis/5246>
- Bermejo, I.** (2010). Agricultura y cambio climático. Revista Ecologista No. 67, Ecologistas en Acción, Madrid (Ed. Digital), pp 18-22.
- Bourlag, N, y Dowswell, C.** (2011). La Inacabada Revolución Verde – El Futuro Rol de la Ciencia y la Tecnología en la Alimentación del Mundo en Desarrollo, en <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/spanish/desarrollo.html>. (Seeds of Opportunity Conference, School of Oriental and African Studies, London, United Kingdom, May 31-June 1, 2001)
- Cuesta Feijóo R. E.** (2017) Revisión sistemática de las emisiones de co2 causadas por la agricultura en el ecuador periodo 2000 - 2014 (Examen complejo). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. Recuperado de [repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10506/1/DE00003\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10506/1/DE00003_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf).
- Cuevas, M. y otros** (2010). “Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural” en Cotler, H. (Coord.) Las Cuencas Hidrográficas de México, Pluralia Ediciones, México, pp. 96-103.
- da Cunha, J, y Rodríguez, J.** (2009). Crecimiento urbano y movilidad en América Latina. Revista Latinoamericana de Población, Vol. 3 Núm. 4-5. <http://revistarelap.org/index.php/relap/article/view/168>.
- Díaz-Bonilla, Eugenio** (2013): Better to be Foresighted than Myopic: A Foresight Framework for Agriculture, Food Security, and R&D in Latin America and The Caribbean, CIAT, Cali.
- Edwards R., Larive J-F, Mahieu V. P, Rouveirolles et al.** (2007) “Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and power trains in the European context” by JRC, Eucar and Concawe. <http://ies.jrc.cec.eu.int/WTW>.
- Erisman, JW., et al.** (2008). “How a century of ammonia synthesis changed the world”. Nature Geoscience 1, 636-639.
- Escobar Germán.** (2016). La relevancia de la agricultura en América Latina y el Caribe. 2016, de Friedrich Ebert Stiftung, <https://static.nuso.org/media/documents/agricultura.pdf>.
- ETC Group.** (2009). Quién nos alimentará. Preguntas sobre la crisis alimentaria y climática. Communiqué n° 102. Nov. 2009.
- FAO,** (2015). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. FAO, Santiago de Chile. <http://www.fao.org/3/i4636s/i4636s.pdf>.
- FAO** (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s05.pdf>.
- FAOSTAT.** <http://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- Green, J. y Sánchez, S.** (2013). La calidad del aire en América latina: una visión panorámica, Clean Air Institute, Washington,

[https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion\\_atmosferica/La\\_Calidad\\_del\\_Aire\\_en\\_America\\_Latina.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/La_Calidad_del_Aire_en_America_Latina.pdf)

- Hodson de Jaramillo, E.** (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Honty, G.** (2017). “América Latina crece más en combustibles fósiles que en renovables”, Publicado en Ambiental.net el 5 junio 2017.
- IPCC** (2008). Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis.
- Kindell, Henry H. and Pimentel, David** (1994) “Constraints on the Expansion of Global Food Supply”, en *Ambio* Vol. 23 No. 3, May 1994. The Royal Swedish Academy of Sciences. Disponible en: <http://www.dieoff.com/page36htm> (07.07.2006).
- Lal, R.** (2004). “Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security”. *Science*. Vol. 304.
- Lewandowski, I.** (Editor). (2018). Bioeconomy - Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy. Springer International Publishing, Stuttgart.
- López, A., Hernández, D.** (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre económico* No. 332, UNAM, México, pp. 459-496.
- Magrin, G. O., J. A. Marengo, J.-P. Boulanger, M. S. Buckeridge, E. Castellanos y S. Vicuña** (2014), “Central and South America”, en V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir y L. L. White (eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press/Cambridge, Reino Unido / Nueva York, pp. 1 499-1 566.
- Matthews, E., R. Payne, M. Rohweder.** (2000) Pilot Analysis of Global Ecosystems. Forest Ecosystems. WRI. Washington, D. C. Disponible en: <https://www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-forest-ecosystems>.
- McLaughlin, N.B.** (2000) “Comparison of energy inputs for inorganic fertilizer and manure-based corn production”, en *Canadian Agricultural Engineering*, Vol. 42, No. 1, 2000.
- Mendelsohn, R., W. D. Nordhaus y D. Shaw** (1994), “The Impact of Global Warming on Agriculture: a Ricardian Analysis”, *American Economic Review*, vol. 84, núm. 4, pp. 753-771.
- Nigli, U., et al.** (2009). Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. FAO, April 2009.
- ODEPA.** (2013). Cambio Climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequía. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/12/cambioClimatico2013.pdf>.
- OMS.** Organización Mundial de la Salud. [https://www.who.int/topics/air\\_pollution/es/](https://www.who.int/topics/air_pollution/es/).
- Paustian K. et al.** (2006). Agriculture's Role in Greenhouse Mitigation. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.

- Pimentel, David and Giampietro, Mario** (1994) “Food, Land, Population and the U.S. Economy”, en Executive Summary, Carrying Capacity Network, 11/21/1994 C. Disponible en: <http://www.dieoff.com/page40.htm> (07.07.2006).
- Romero Madera, D. A, Martelo Gómez, R. J. ., & Bastidas Gómez, M.** (2018). Aplicaciones de las energías renovables en el agro. *Renovat: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, Tecnología E Innovación*, 1(1), 26–37. Recuperado a partir de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/3430>.
- Saynes, V. et al.** (2016). “Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México”, en *Terra Latinoamericana* 34, México, pp. 83-96
- Smith et al.** (2007). *Agriculture. Climate Change (2007): Mitigation: In Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment report of the IPCC.* [B. Metz et al. (eds)], Cambridge University Press.
- Soil Association** (2009). *Soil Carbon and Organic Farming. A review of the evidence on the relationship between agriculture and soil carbon sequestration, and how organic farming can contribute to climate change mitigation and adaptation.* The Soil Association (Traducido por la SEAE: Carbono en el Suelo y Agricultura Ecológica. Una revisión de las evidencias del potencial de la agricultura para combatir el cambio climático. Resumen de resultados).
- Steinfeld H. et al.** (2009). *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y Opciones.* Organización para la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas. Traducción española de *Livestock's Long Shadow*. [fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf](http://fao.org/docrep/fao/011/a0701s/a0701s00.pdf).
- Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley** (eds.) (2013), IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press / Cambridge, Reino Unido / Nueva York.
- World Bank** (Data Bank World development indicators). <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

