

# El Poder de la Sustentabilidad



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

# El Poder de la Sustentabilidad

COORDINADORES

Javier E. García de Alba Verduzco

Blanca C. Ramírez Hernández



## **El Poder de la Sustentabilidad**

### COORDINADORES

Javier E. García de Alba Verduzco

Blanca C. Ramírez Hernández

### AUTORES

Melissa Lis Gutiérrez, Karol Henry Mavisov-Muchavisoy, Juan Felipe Bermeo-Losada, Jenny Paola Lis Gutiérrez, Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta, Patricia Eloísa Tormen, Luís Carlos Iuñes de Oliveira Filho, Osmar Klauberg Filho, Dilmar Baretta, Reginaldo Pereira, Pamela Bier Belló Rocha, Carlos López Mendizábal, Mónica Jacqueline Hernández Jiménez, María del Carmen Monterrubio Badillo, Gabriel Pineda Flores, Juan Carlos Mendoza Corba, María Oliva Rodríguez Galindo, Carlos Jesahel Vega Gómez, Paul Henry Gutiérrez, Nashieli García Alaniz, Javier Martín Quino Favero, Jorge Carlos Sanabria Villanueva, Irma Leticia Leal Moya, Ray Freddy Lara Pacheco, Javier Eugenio García de Alba Verduzco, Blanca Catalina Ramírez Hernández, José de Jesús Olmos Colmenero, Angélica Isabel García Navarro, Luis Enrique Lomelí Rodríguez.

Esta publicación fue sometida a dictamen a doble ciego por pares académicos y aprobada para su publicación, por el Comité Editorial de CUALtos.

### DISEÑO DE PORTADA Y DIAGRAMACIÓN

Javier Salazar / Prometeo Editores

### CIUDAD DE EDICIÓN

Tepatitlán de Morelos, Jalisco

Primera edición, abril 2021

Prometeo Editores S.A. de C.V.

C. Libertad 1457, Col. Americana

C.P. 44160, Guadalajara, Jalisco

ISBN: 978-607-571-144-7

Impreso en México / Made in Mexico

# Índice

El desafío de carbono neutro desde las Instituciones de Educación Superior: caso Colombia . . . . .	7
<i>Melissa Lis Gutiérrez, Karol Henry Mavisoy-Muchavisoy, Juan Felipe Bermeo-Losada, Jenny Paola Lis Gutiérrez</i>	
Microbial indicators of sustainability in land use and management systems in Santa Catarina State, Brazil . . . . .	27
<i>Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta, Patricia Eloísa Tormen, Luís Carlos Luñes de Oliveira Filho, Osmar Klauberg Filho, Dilmar Baretta</i>	
Desafios para a governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos frente à expansão da fronteira agrícola brasileira. . . . .	53
<i>Reginaldo Pereira, Carolina Riviera Maluche Baretta, Pamela Bier Belló Rocha</i>	
Planes institucionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la Política Nacional y en la Ley Marco de Cambio Climático en Guatemala . . . . .	75
<i>Carlos Roberto López Mendizábal</i>	
Análisis de las tecnologías y prácticas hacia el reciclaje y disposición de plásticos bromados. . . . .	101
<i>Mónica Jacqueline Hernández Jiménez, María del Carmen Monterrubio Badillo, Gabriel Pineda Flores</i>	
Desarrollo sostenible, energías limpias y cambio climático: los grandes retos ambientales en la porcicultura colombiana . . . .	121
<i>Juan Carlos Mendoza Corba, María Oliva Rodríguez Galindo</i>	
La educación sustentable por medio de acciones en algunas universidades españolas y su comparación con el Centro Universitario de Tonalá . . . . .	137
<i>Carlos Jesahel Vega Gómez</i>	

Sustainable and Interdisciplinary Extensionism . . . . .	161
<i>Paul Henry Gutiérrez</i>	
Sustentabilidad: el desgaste de una idea antes de llegar a su potencial . . . . .	183
<i>Nashieli García Alaniz</i>	
Biorefinería en la industria langostinera del Perú, economía circular y cooperación Estado-academia-empresa . . . . .	193
<i>Javier Martín Quino Favero, Jorge Carlos Sanabria Villanueva</i>	
Revisión de las ciudades modelo en pro del medioambiente: Ciudades Sostenibles, Ciudades Sustentables, Ciudades Ecológicas y Ecociudades . . . . .	205
<i>Ray Freddy Lara Pacheco, Irma Leticia Leal Moya, Javier Eugenio García de Alba Verduzco, Blanca Catalina Ramírez Hernández</i>	
Bueno para comer en México . . . . .	235
<i>Javier Eugenio García de Alba Verduzco, Blanca Catalina Ramírez Hernández</i>	
Visión general de la producción lechera . . . . .	247
<i>José de Jesús Olmos Colmenero, Angélica Isabel García Navarro, Luis Enrique Lomelí Rodríguez</i>	

## Presentación

El poder de la sustentabilidad, es un libro que recopila valiosas experiencias de investigadores latinoamericanos que han fortalecido en diferentes espacios la sustentabilidad ambiental, social, económica y cultural.

Se presentan experiencias y reflexiones en el sistema productivo agropecuario, institucional, educativo y de salud, tecnologías limpias sin dejar de lado la relación con el cambio climático.

Cada capítulo es una muestra de los retos y oportunidades en el área de la sustentabilidad con una identidad y visión latinoamericana, la integración de esta perspectiva tiene que ver con el desarrollo sustentable desde el paradigma del contexto sociocultural, situado en realidades de un desarrollo que va más allá de una necesidad de: normatividad, políticas limpias, programas sustentables en el sistema agropecuario, industrial, manejo de residuos y aprovechamiento de recursos sustentables, entre otros.

En este documento se resumen largas historias de lucha y acciones que realizan académicos dentro y fuera de las instituciones latinoamericanas para el desarrollo de proyectos exitosos sustentables con la meta de generar estrategias y oportunidades que favorezcan el bienestar ambiental, económico y sociocultural de los países Latinoamericanos.

El desafío de la sustentabilidad latinoamericana es tener ejemplos locales con impacto global.

---

# El desafío de carbono neutro desde las Instituciones de Educación Superior: caso Colombia

Melissa Lis-Gutiérrez\*, Karol Henry Mavisoy-Muchavisoy\*,  
Juan Felipe Bermeo-Losada\*\* Jenny Paola Lis-Gutiérrez\*\*1

## Resumen

Este capítulo aborda de manera conceptual la importancia de alcanzar la neutralidad en términos de carbono y expone los retos actuales a los que se enfrentan las Instituciones de Educación Superior (IES), con la finalidad de unirse a las iniciativas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y así alcanzar un balance institucional de emisiones cero, y posteriormente la certificación como institución carbono neutral. A la fecha, a nivel mundial un gran número de IES se suman a la iniciativa de alcanzar sociedades carbono neutral; sin embargo, no todas conocen las posibilidades que existen para que capturen los gases que emiten y neutralicen en un pequeño porcentaje el impacto local y las normativas que los rigen. Por ejemplo, en Colombia es poco conocida la normativa que permite certificarse en carbono neutro, pese a que la reducción de la huella de carbono debe considerarse como un compromiso a nivel individual y organizacional, dirigido hacia el desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** neutralidad en carbono, carbono, Instituciones de Educación Superior, emisiones, balance de emisiones.

---

1 \*Facultad de Ciencias Ambientales e Ingenierías, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales-U.D.C.A. (Bogotá, Colombia)

\*\*Fundación Universitaria Konrad Lorenz (Bogotá, Colombia)

**Melissa Lis-Gutiérrez:** melissalis@udca.edu.co

**Karol Henry Mavisoy-Muchavisoy:** kmavisoy@udca.edu.co

**Juan Felipe Bermeo-Losada:** juanf.bermeol@konradlorenz.edu.co

**Jenny Paola Lis-Gutiérrez:** jenny.lis@konradlorenz.edu.co

## Abstract

This chapter conceptually addresses the importance of achieving carbon neutrality and exposes the current challenges faced by Higher Education Institutions (HEIs), in order to join the initiatives to reduce gas emissions from greenhouse effect and thus achieve an institutional balance of zero emissions, and subsequently certification as a carbon neutral institution. To date, many HEIs worldwide join the initiative to reach carbon neutral societies; However, not all know the possibilities that exist to capture the gases that emit and neutralize the local impact and the regulations that govern them in a small percentage. For example, in Colombia the regulations that allow certification in neutral carbon are little known, although the reduction of the carbon footprint must be considered as an individual and organizational commitment, directed towards sustainable development.

**Keywords:** carbon neutrality, carbon footprint, Higher Education Institutions, emissions, balance of emissions.

## Introducción

El cambio climático<sup>2</sup> (CC) es un problema global, directamente relacionado con la alta concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) y que ha causado impactos ambientales, sociales y económicos en todos los ecosistemas (Victoria *et al.*, 2010; Viglizzo, 2010). En las últimas décadas se ha incrementado el número de trabajos enfocados a evaluar los efectos de las diferentes actividades antrópicas en términos de emisión de GEI principalmente aquellos asociados al carbono (dióxido de carbono- $\text{CO}_2$ -, metano- $\text{CH}_4$ , monóxido de carbono- $\text{CO}$ -) en términos de cuantificación de  $\text{CO}_2$  equivalente<sup>3</sup> ( $\text{CO}_2$  e).

En el 2017 dentro de la vigésima tercera *Conferencia sobre cambio climático* se estableció como principal objetivo alcanzar una “sociedad

<sup>2</sup> CC: alteración de las condiciones climáticas con respecto al historial climático a escala global o regional: Incluye interacciones complejas entre procesos climatológicos, ambientales, económicos, sociales, políticos e institucionales. Estos cambios en la dinámica climática son atribuidos directa o indirectamente a las actividades antrópicas que alteran la composición global atmosférica (IPCC, 2008; Naciones Unidas, 1992).

<sup>3</sup>  $\text{CO}_2$  e: Representa el valor equivalente en  $\text{CO}_2$  de cualquier gas de efecto invernadero. Se calcula al multiplicar la concentración de cada GEI en términos de masa por el potencial de calentamiento global de cada uno. La unidad de medida se expresa en toneladas (IPCC, 2008; Naciones Unidas, 1992).



carbono neutral”, es decir, sociedades que puedan certificar que las diferentes actividades no exceden la cantidad de CO<sub>2</sub> e que es acumulado. Para esto, se evidenció la necesidad de identificar las acciones y actividades que al realizar el balance entre la cantidad de GEI emitidos y la cantidad de GEI almacenados, causan un exceso en términos de CO<sub>2</sub> e. Eso permite que los actores promuevan acciones que reduzcan la emisión de GEI y que implementen sistemas de captura con el fin de alcanzar la certificación de neutralidad (Geometry & Analysis, n.d.).

Considerando que las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen un impacto directo a nivel social, es imperante asumir el desafío actual para mitigar y reducir los efectos del CC y, por lo tanto, contribuir desde su entorno al alcance de sociedades carbono neutro, temática que será abordada en este documento.

Este trabajo se encuentra organizado en tres partes. En la primera se expone de manera concisa los conceptos claves para el entendimiento de la huella de carbono y su importancia en términos ambientales. Posteriormente se abre paso al segundo apartado donde se trata de manera general el marco conceptual y estado del arte relacionado con carbono neutro y la importancia de alcanzarlo en términos de IES. Por último, el tercer apartado se concentra en las normativas colombianas asociadas al alcance de la neutralidad en términos del carbono como estrategia para la lucha contra el impacto ambiental y en algunos ejemplos de instituciones en Colombia que han alcanzado esta certificación.

## **1. Huella de carbono y carbono neutro**

### **1.1. Huella de carbono**

En términos técnicos la HC junto con la Huella Hídrica, hacen parte de la huella ecológica. Ésta es considerada como un indicador biofísico necesario para evaluar la sostenibilidad, y es definida como el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para producir los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos por una población dada (Wackernagel y Rees, 2001), permitiendo estimar el grado de dependencia material del ser humano hacia la naturaleza, en cuanto a niveles de consumo local e importación de recursos naturales; identificando el impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas y el planeta.

La huella de carbono (HC) es definida como la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera, de forma directa o indirecta por individuos, entidades, actividades de producción o consumo de bienes y servicios; derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos, durante la obtención, procesamiento, transporte, venta y uso, ha cobrado importancia al contribuir en el incremento de la conciencia pública acerca del CC (Agudelo, 2013).

Wiedmann & Minx (2008) afirman que la HC debe ser considerada un indicador capaz de sintetizar los impactos provocados por las actividades antrópicas en su entorno, medido en términos de emisiones de GEI y, por tanto, es una poderosa herramienta de gestión en términos sostenibles, ya que estimula a los diferentes actores para adoptar estrategias proactivas que permitan alcanzar la sustentabilidad a nivel individual y organizacional.

Complementando la anterior, la HC es denominada como la cantidad GEI emitidos a la atmósfera, derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos, durante su obtención, procesamiento, transporte, venta y uso (Viglizzo, 2010) variando su alcance, desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, a otras más complejas asociadas al ciclo de vida completo del producto, incluyendo la elaboración de materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes (Schneider & Samaniego, 2010). Este indicador permite comprender la relación sistémica existente entre “modo de producción – medio ambiente – sustentabilidad”, lo que implica no sólo conocerla en todas sus dimensiones, sino medirla y divulgarla como un elemento más, en los procesos de toma de decisiones individuales, de las empresas, regiones o países (Guinle, 2011).

La HC también puede hacer referencia al ciclo de vida de un producto<sup>4</sup> (CV), desde la adquisición de materias primas hasta la eliminación de sus desechos, abarcando todo el proceso productivo; y a la unidad funcional<sup>5</sup> que sirve de referencia para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al producto que se declara, expresándose en toneladas (t) ó kilogramos (kg) de CO<sub>2</sub> e (Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) & Servicios de Ingeniería DEUMAN Ltda., 2009; Schneider

4 El CV de un producto, hace referencia a la sucesión de fases o etapas de un producto desde la adquisición de las materias primas hasta el final de su generación, considerando el fin de su ciclo, ya sea al llegar a un intermediario o al consumidor final (Viglizzo, 2010).

5 Unidad funcional: cantidad conocida de un producto resultante de una cadena de suministro para su empleo como unidad de referencia para el cálculo de las emisiones asociadas al producto.

& Samaniego, 2010; Wiedmann & Minx, 2008). A partir del análisis del CV de cualquier producto y con la estimación de la HC a nivel sectorial, es posible identificar las actividades que producen y emiten mayor cantidad de GEI, punto de partida fundamental para el alcance de la neutralidad (Carbono neutral<sup>6</sup>), es decir que la identificación de puntos clave en los diferentes procesos permitirá desarrollar e implementar estrategias para lograr un balance neto cero o neutro en emisiones de CO<sub>2</sub> e.

Estos indicadores reflejan un enfoque múltiple (económico, social, ambiental e institucional), que a partir de la síntesis de la información recolectada cobra importancia para la toma de decisiones, y pueden considerarse como un medio para alcanzar el desarrollo sostenible y su medición (González, 2007; Segnestan, 2002). En el caso específico de la HC, se posibilita la identificación de caminos para controlar, reducir o mitigar las emisiones de GEI y su impacto, reconociéndose con mayor intensidad su alcance en el comercio de bienes y servicios, especialmente de aquellos transados internacionalmente como commodities y negociados entre países con compromisos de reducción de emisiones que suscribieron el protocolo de Kyoto (Guinle, 2011).

Por lo tanto, mediante el cálculo de la HC se pueden establecer objetivos concretos de sostenibilidad ambiental; ya que permite la integración de indicadores, ciclo de vida y eco-etiquetado, en una única herramienta; y aporta un nuevo enfoque para actuar de forma más justa, contra el CC (Doménech, 2007; Matthews et al., 2008). Así, cuando se estima la HC, se está calculando “el impacto ambiental de un bien o servicio, organización o individuo” provocado por: a) la elaboración y comercialización de todo tipo de bienes y servicios; b) la ocupación del espacio y c) la generación de residuos (Carballo, 2009; Coto-Millán et al., 2008; Doménech, 2006).

## 1.2. Carbono neutral

Según el ICONTEC Internacional (2016), cualquier individuo u organización puede considerarse “carbono neutral” siempre y cuando su HC sea igual a cero. Por tanto, este concepto incluye todos los GEI estimados en términos de CO<sub>2</sub> e de acuerdo con normas internacionales como la norma ISO 14064, ISO 14044 ó la PAS2050; y la cantidad de GEI que son

<sup>6</sup> Carbono neutral: balance entre la cantidad de carbono liberada a la atmósfera frente a la cantidad equivalente secuestrada o compensada es igual a cero (ICONTEC Internacional, 2016). Combinación de reducción de uso de energía y compensación de emisiones restantes para lograr un efecto neto de cero emisiones de CO<sub>2</sub> (Frohmann & Olmos, 2013).

captura o secuestrada. Esta última es denominada compensación, y de acuerdo con la normativa, los individuos u organizaciones pueden incluso comprar a otros proyectos o entidades sus reducciones, sin embargo, la finalidad de esta normativa está encaminada hacia la implementación de diferentes estrategias, como por ejemplo programas forestales o energéticos, dentro de las organizaciones (Santos, 2015).

Los pasos para ser certificado carbono neutral se integran en la figura 1:

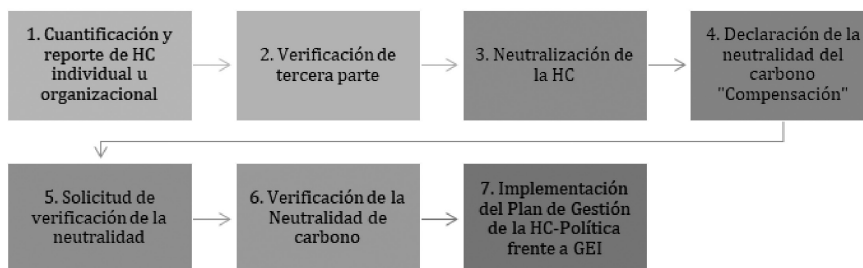


Figura 1. Pasos para declararse carbono neutro. Modificado de Santos (2015).

## 2. Importancia de alcanzar el carbono neutral en las IES

En la mayoría de los casos las grandes industrias se han identificado más con la importancia de calcular sus emisiones de GEI, pero en el sector educativo hasta hace pocos años se ha considerado la necesidad de alcanzar las emisiones neutras e incluso buscar la certificación en términos de “carbono neutral”. Mondéjar-Navarro, Viñoles-Cebolla, Bastante-Ceca, Collado-Ruiz, & Capuz-Rizo (2011) y cada vez son más las empresas y organizaciones que lo asocian a la presentación de sus productos. La huella de carbono es el equivalente en gramos de CO<sub>2</sub> de los gases de efecto invernadero (GEI) afirman que en los últimos años a nivel global se ha evidenciado un cambio al interior de la IES donde se han reconocido los efectos del cambio climático y la necesidad de promover iniciativas a nivel institucional que contribuyan a la mitigación de sus efectos, ejemplo de esto es la estimación de su HC, HE o el ACV, a partir de los cuales han establecido planes de mejoramiento en términos de gestión medioambiental en pro de la disminución de emisiones de GEI a nivel institucional. Sin embargo, no existe un estándar internacional específico para estimar la

HC, lo cual permite que cada institución decida cual metodología adoptará (Robinson, Tewkesbury, Kemp, & Williams, 2018).

Según lo reportado por Lauder, Sari, Suwartha, & Tjahjono (2015) pese al creciente interés con respecto a cómo evaluar la sostenibilidad en las universidades a nivel nacional, regional y local, la información disponible es limitada, en especial en lo que se refiere al ranking global de sostenibilidad del campus en las IES. Y es aquí donde se concentra el reto actual de las IES, las cuales no sólo deben encargarse de la formación de la sociedad del futuro y de influenciar el desarrollo de sus habilidades socio-ambientales; sino que además deben establecer sistemas de gestión ambiental que permitan a sus estudiantes involucrarse de manera activa en el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación al CC eficientes, las cuales fomenten una cultura sustentable dentro y fuera de los campus universitarios, sin disminuir la cantidad de estudiantes vinculados y manteniendo su competitividad comercial (Cronin, Smith, Gleim, Ramirez, & Martinez, 2011).

Actualmente, existen redes y asociaciones como la Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente (OIUDSMA), la Association for the Advancement of Sustainability in Higer Education (AASHE) o la Carbon Trust con su programa específico Higer Education Carbon Management (HECM), en las cuales las universidades se han agrupado para trabajar de manera conjunta y buscar asesoramiento técnico y estratégico con la finalidad de convertirse en instituciones “carbono neutral” (Kinsley & Deleon, 2009).

Dentro de los ejemplos más reconocidos resaltan: La Universidad de Pennsylvania, institución que en 2007 presentó el proyecto titulado “University of Pennsilvanya Carbon Footprint”, el cual les permitió formular un plan de acción para convertirse en carbono neutral, mediante la realización del inventario completo de todas las emisiones de GEI producidas y la estimación de su HC, abarcando la totalidad del campus (141 edificios y 40.000 miembros) y datos multi-temporales desde el año 1990 hasta el 2006. A partir de esta información previó los valores que pueden llegar a alcanzar en 2020 de no realizar cambios en su dinámica. Dicho estudio, cumplió con los términos iniciales de la AASHE y asumió los valores de equivalencia del IPCC, por tanto, permitió determinar las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por m<sup>2</sup> de superficie y edificio, y por miembros de la universidad, diferenciando entre personal y

estudiantes. Por último, planteó un plan de acción de reducción de los focos más contaminantes, orientado hacia la mejora de la eficiencia y la compensación de emisiones para aquellas que no pueden ser evitadas (Mondéjar-Navarro et al., 2011) y cada vez son más las empresas y organizaciones que lo asocian a la presentación de sus productos. La huella de carbono es el equivalente en gramos de CO<sub>2</sub> de los gases de efecto invernadero (GEI).

Otro ejemplo relevante es el proyecto “Carbon Neutrality at Middlebury College: A Compilation of Potential Objectives and Strategies to Minimize Campus Climate Impact” de la Escuela de Middlebury, en Vermont, con el cuál se determinó que las principales fuentes de emisión de GEI están asociadas a la calefacción, la electricidad, el uso de combustibles en los diversos medios de transporte y los residuos sólidos generados en el día a día. Esto les permitió implementar estrategias sencillas como ajuste óptimo del termostato, uso de bombillas led, duchas con menor flujo de agua, entre otras (Hanley et al., 2003).

Ejemplos más recientes se encuentran en los trabajos de Kandanonond (2017), calcularon la HC de una universidad en Tailandia, a partir del consumo de energía y el transporte, entre 2016 y 2017. Encontraron que las emisiones per cápita (por estudiante), ascendían a 64.02 kg CO<sub>2</sub> / estudiante. Por su parte, Sangwan, Bhakar, Arora, & Solanki (2018), en este trabajo presentan la huella de carbono de Birla Institute of Technology and Science Pilani (BITS Pilani), empleando el ciclo de vida y analizando las emisiones directas e indirectas.

Igualmente, Schaubroeck et al (2018) evaluó la huella ecológica de la cafetería de la Ghent University. Robinson et al (2018) propusieron una metodología replicable en todas las universidades basada en recomendaciones que incluyen (i) evitar el doble conteo, (ii) reducción del costo financiero, (iii) confiabilidad y comparabilidad de los resultados.

Gu et al. (2019) elaboraron un análisis cuantitativo de nexos basado en huellas ambientales, aplicado a la Universidad de Keele en el Reino Unido. A partir de éste se derivan las recomendaciones sobre sistemas de energía, prácticas de adquisición de alimentos, recolección de residuos, entre otros.

### 3. Normativas colombianas para luchar contra el impacto ambiental

Como se indicó anteriormente, el CC es una realidad que está afectando el bienestar y el entorno, provocando variaciones desmedidas en las temperaturas del planeta, consecuencia del inmenso uso de combustibles fósiles, los cuales son causantes de los GEI. Es por esta razón que los gobiernos han venido trabajando desde hace muchos años en adoptar medidas que permitan mitigar el impacto negativo contra el medioambiente.

El cambio climático y la sostenibilidad ambiental no son temas que Colombia haya dejado de lado, puesto que se han fomentado y establecido decretos relacionados para luchar con esta problemática. De acuerdo al Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2017), dentro de los decretos relacionados a esta temática se encuentra la Ley 164 de 1994, en la cual se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual buscaba un equilibrio en los GEI. Posteriormente, a raíz del protocolo de Kioto, adoptado en el año de 1997 con el propósito de reducir 6 de los gases más importantes de efecto invernadero como lo son el: (i)  $\text{CO}_2$ , (ii)  $\text{CH}_4$ , (iii) Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), (iv) hidrofluorocarbonos (HFC), (v) perfluorocarbonos (PFC), y (vi) hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), en los países desarrollados; Colombia aprueba la Ley 629 de 2000, en la que se permiten compensaciones de las emisiones de los países desarrollados con países en vía de desarrollo, como lo es Colombia.

Otra reglamentación relevante es la promulgada en 2015 con la Ley 1753 de 2015, la cual crea el registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI, relacionados a la deforestación y degradación forestal de Colombia. Uno de los aspectos quizá más importantes para luchar contra el cambio climático se da debido a la reforma tributaria por parte del Ministerio de Hacienda, con la Ley 1819 de 2016, donde el Estado se comprometió al cumplimiento de metas para seguir mitigando el impacto ambiental, en esta ocasión centrada en el impuesto al carbono. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) que es un elemento químico de los combustibles y que se libera en forma de gases efecto invernadero a la atmósfera cuando se hace la combustión de estos energéticos. Los combustibles que están gravados por este impuesto son: Gasolina, Kerosene, Jet Fuel, ACPM y Fuel Oil. El gas natural también está gravado pero solo para su uso en la industria





Tabla 1. Características para la certificación de carbono neutro en Colombia

<b>Características principales</b>	
1	Tener el compromiso para querer cuantificar las emisiones de GEI en el territorio nacional.
2	Cuando se comience con la cuantificación de GEI, esta debe estar bajo estándares reconocidos que cuenten con plataforma de registro público en reducciones de GEI.
3	Las metodologías usadas podrán ser: Mecanismos de desarrollo limpio o elaborados por instituciones certificadas.
4	Las actividades de mitigación deben ser voluntarias.
5	Se deben registrar en el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de GEI
6	Por último se deben certificar por el programa de certificación o estándar de carbono.

**Fuente:** elaboración propia, con base en Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2017).

### 3.2. ¿Cómo puede una institución de educación superior trabajar para certificarse en carbono neutral?

Para que una Institución de Educación Superior en Colombia pueda certificarse en carbono neutral, uno de los aspectos primordiales es la conscientización acerca de lo indispensable que es luchar contra los impactos negativos del medio ambiente. Seguidamente, se requiere analizar en detalle el decreto 926 de 2017 del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, para seguir los lineamientos en materia de legalidad.

Posteriormente, se comienza a estructurar el plan de trabajo. En este caso, se elige una herramienta para la cuantificación de los GEI, por ejemplo, la Huella de Carbono Corporativa (HCC), la cual está regulada por estándares internacionales, y permite contabilizar las emisiones, tanto directas como indirectas. Para medir la HCC existen varias metodologías, entre las de mayor aceptación están las que se describen a continuación.

- Protocolo GEI. Creado por el World Resource Institute (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Estos estándares permiten a las entidades medir y gestionar el alcance completo de las emisiones. Este estándar sólo mide las emisiones de una entidad para generación de energía propia (alcance 1) y sus compras de electricidad, calor y vapor (alcance 2). Es una de las metodologías más utilizada por las entidades para calcular la HC y elaborar informes.
- The International Organization for Standardization - ISO 14064. Es una norma internacional para la verificación voluntaria de emisiones de Gases de Efecto Invernadero generados por las entidades. La ISO 14064, a diferencia de la metodología anterior, es un estándar internacional verificable y desarrollado como una guía. Contiene directrices para la declaración, eliminación y reducción de GEI, pudiendo actuar también como una guía para la construcción de informes de reporte sobre gases. Para el caso de Colombia lo recomendable es trabajar bajo la ISO-10464 -1, "Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero" (ISO, 2009).

En la HCC primero se determinan los límites, es decir, el alcance de la medición. Esta acción se efectúa realizando un diagrama para determinar que recursos y actividades son realizados por la entidad (Moss, Lambert, & Rennie, 2008). Segundo, se determinan los límites de las operaciones de la entidad respecto de las emisiones directas e indirectas. Esta actividad ayudará a la entidad a manejar de mejor forma todos los riesgos y oportunidades (Sundarakani, De Souza, Goh, Wagner, & Manikandan, 2010). En la continuación de este proceso, se delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas, donde se definen tres "alcances" para facilitar el reporte y contabilidad de GEI. Las características distintivas de los alcances son definidas de la siguiente forma de acuerdo al World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development (2008):

- Alcance 1. Emisiones directas. Son causadas por recursos que son propiedad de la entidad analizada. Ejemplo: emisiones generadas por la combustión de vehículos, calderas y hornos; emisiones generadas

por procesos químicos, y otras emisiones fugitivas por el uso de refrigerantes controlados por el protocolo de Kioto.

- Alcance 2. Emisiones indirectas. Están formadas por la generación o compra de electricidad, calor o vapor que consume la entidad analizada.
- Alcance 3, otras emisiones, las cuales son generadas por diversas actividades de la entidad, pero ocurren de recursos que no son controlados por la misma, como lo es el viaje de empleados, refrigerantes controlados por el protocolo de Montreal, tratamientos de residuos, entre otros. Estas últimas son las más difíciles de controlar ya que no dependen de la misma y son generadas por agentes externos (Schmidt, 2009).

Luego de definir cada uno los alcances, se realiza la recolección de los datos necesarios en alianza con el personal de la entidad a analizar, para proceder a calcular la HCC. Para esta última labor y de acuerdo con factores de conversión publicados en tablas internacionales y nacionales, se determina la cantidad de emisiones de GEI, en toneladas de CO<sub>2</sub> e generadas por la entidad al medio ambiente (World Resources Institute et al., 2008).

Por último, es importante resaltar que para calcular la HCC existen dos alternativas: (i) utilizar los datos reales o (ii) calcular los valores promedio obtenidos de las tablas disponibles en diferentes bases de datos (Schmidt, 2009). Al utilizar los valores genéricos disponibles puede que no se esté midiendo la HCC “real” y, por tanto, las acciones de mitigación de las emisiones no serán las correctas. Al finalizar la medición se elabora un informe con los resultados. Este informe es el documento que recopila toda la información conseguida, el cálculo de la HCC y los resultados obtenidos en relación con el control y reducción de las emisiones de GEI<sup>7</sup>.

## Conclusiones

7 Una investigación interesante, a pesar de que no está orientada a las instituciones de educación superior, pero que puede servir como guía para realizar la medición de la HCC ya que se ajusta a la realidad en Colombia, es la llevada a cabo por Bermeo, Rodríguez, & Alvarez (2018) donde se realiza la medición de la HCC para una empresa industrial en Colombia, lo interesante es que especifica el paso a paso para la medición, además de ajustar todo lo relacionado a los factores de conversión y de emisiones para Colombia.

La reducción de la huella de carbono es una responsabilidad de todos los ciudadanos quienes pueden involucrarse con acciones que van desde: el consumo responsable (reducir, reutilizar, reparar, reciclar); minimizar el derroche alimentario; preferir productos locales; uso eficiente de la energía; reducción del uso de transportes contaminantes como el avión, los vehículos de alto consumo de combustible; reducir el consumo y desecho de plástico; adoptar plantas endémicas, entre otros (National Geographic, 2019).

## Referencias

- Agudelo, C. (2013). *Huella de carbono. Sistema de gestión ambiental*.
- Bermeo, J. F., Rodríguez, V. M., & Alvarez, M. J. (2018). Carbon footprint in corporate logistics operations in the food sector. *Environmental Quality Management*, 27(3), 135–146. <https://doi.org/10.1002/tqem.21535>
- Bockel, L., Smith, G., Bromhead, M., Bernoux, M., Tinlot, M., Matieu, H., y Branca, G. (2011a). Generalizando la evaluación del balance de carbón en Agricultura EX - ACT. Una herramienta para medir el balance de Carbono. Roma: FAO.
- Bockel, L., Touchemoulin, O., y Jönsson. M. (2011b). Carbon footprinting across the food value chain: a new profitable low carbon initiative? A review of the main benefits for businesses, public bodies and issues for developing countries. Roma: FAO.
- Carballo, A. (2009). A pegada ecolóxica de bens e servizos: desenvolvemento dun método de cálculo e aplicación ao ciclo de vida do mexillón en conserva en Galicia. Tesis doctoral, University of Santiago de Compostela.
- Carbon Trust (2012.) Agricultura and horticultura. Introducing energy saving opportunities for farmers and growers. Londres: Carbon Trust. Disponible en: [https://www.carbontrust.com/media/39180/ctv009\\_agriculture\\_and\\_horticulture.pdf](https://www.carbontrust.com/media/39180/ctv009_agriculture_and_horticulture.pdf)
- Cronin, J. J., Smith, J. S., Gleim, M. R., Ramirez, E., & Martinez, J. D. (2011). Green marketing strategies: An examination of stakeholders and the opportunities they present. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39(1), 158–174. <https://doi.org/10.1007/s11747-010-0227-0>

- Coto-Millán, P., Mateo-Mantecón, I., Doménech, J. L., y Carballo, A. (2010). Evaluation of port externalities: the ecological footprint of port authorities (MC3). *ESSAYS ON PORTS ECONOMICS. Contributions to economics*. Berlin: Springer Physica-Verlag.
- Doménech, J. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. En Terceros Encuentros sobre Desarrollo sostenible y población eumed.net. Universidad de Málaga, 6-24 de julio de 2006.
- Doménech, J. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. 1ª ed. España: AENOR. Madrid.
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. *CEPAL – Colección Documentos de Proyectos*, 78 p.p. Retrieved from [www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/13146.pdf](http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/13146.pdf)
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. *CEPAL – Colección Documentos de Proyectos*, 78 p.p. Retrieved from [www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/13146.pdf](http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/13146.pdf)
- Geometry, R., & Analysis, G. (n.d.). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title.
- Gómez, I., Castro, T., García, R., Romojaro, M., Mesa, M., y Victoria, F. (2011). La iniciativa de ecorresponsabilidad agricultura murciana como sumidero de CO2. Marca LessCO2. En: Documentación técnica y científica sobre la iniciativa. Ponencias. LessCO2.
- González, F. (2007). Los indicadores de sostenibilidad como herramientas de evaluación. *Ekonomiaz*, 64, 300-329.
- Gu, Y., Wang, H., Xu, J., Wang, Y., Wang, X., Robinson, Z. P., ... & Zhi, X. (2019). Quantification of interlinked environmental footprints on a sustainable university campus: A nexus analysis perspective. *Applied Energy*, 246, 65-76.
- Guinle, M. (2011). Proyecto de Ley (S-0643/11): Programa Nacional para la construcción y difusión de la Huella de Carbono. Buenos Aires: Senado de la Nación, Secretaria Parlamentaria, Dirección General de Publicaciones.
- Hanley, J. P., Wetter, J. B., Slack, K., Wright, D., Bechtel, B., Goodwin, S., ... Epperson, M. R. (2003). *Carbon Neutrality at Middlebury College: A compilation of potential objectives and strategies to minimize campus climate impact*. Retrieved from [http://www.middlebury.edu/system/files/media/CN at MiddObjectivesandStrategies 2003.pdf](http://www.middlebury.edu/system/files/media/CN_at_MiddObjectivesandStrategies_2003.pdf)

- Hoekstra, A. y Chapagain, A. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Londres: Blackwell Publishing, 191 p.
- ICONTEC Internacional. (2016). Evaluación de la Conformidad Carbono neutro. Retrieved July 16, 2019, from <https://www.icontec.org/Ser/EvCon/Paginas/CC/cn.aspx>
- ICONTEC Internacional. (2016). Evaluación de la Conformidad Carbono neutro. Retrieved July 16, 2019, from <https://www.icontec.org/Ser/EvCon/Paginas/CC/cn.aspx>
- Iglesias, D., Quiñones, A., Martínez, B., Forner, M., Legaz, F. y Primo, E. (2011). *La Huella del Carbono en plantaciones de cítricos*. Valencia: IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias).
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), & Servicios de Ingeniería DEUMAN Ltda. (2009). Estudio "Huella De Carbono En Productos De Exportación Agropecuarios de Chile". *Fundación Para La Innovación Agraria (FIA), FIA EST-20*, 1–32.
- IPCC. (2008). *Cambio Climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Primera)*. Ginebra, Suiza. Retrieved from [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf)
- ISO. (2009). *ISO 14064-1:2006 Greenhouse gases -- Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 110). <https://doi.org/10.1073/pnas.1221635110>
- Kandananond, K. (2017). The Greenhouse Gas Accounting of A Public Organization: The Case of A Public University in Thailand. *Energy Procedia*, 141, 672-676.
- Kinsley, M., & Deleon, S. (2009). *Accelerating Campus Climate Initiatives*. Association for Advancement of Sustainability in Higher Education; Rocky Mountain Institute. Retrieved from <https://www.radford.edu/content/dam/departments/administrative/Sustainability/Documents/accelerating-campus-climate-initiatives.pdf>
- Lauder, A., Sari, R. F., Suwartha, N., & Tjahjono, G. (2015). Critical review of a global campus sustainability ranking: GreenMetric. *Journal of*

- Cleaner Production*, 108, 852–863. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.080>
- Matthews, S., Hendrickson, C., y Weber, C. (2008). The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environmental Science y Technology*, 42, 5839–5842.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). PRINCIPALES PREGUNTAS FRENTE AL IMPUESTO NACIONAL AL CARBONO Y LA SOLICITUD DE NO CAUSACIÓN POR CARBONO NEUTRALIDAD (Decreto 926 de 2017).
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2017). Decreto 926 del 1 de Julio del 2017.
- Mondéjar-Navarro, M. V., Viñoles-Cebolla, R., Bastante-Ceca, M. J., Collado-Ruiz, D., & Capuz-Rizo, S. (2011). La huella de carbono y su utilización en las instituciones universitarias. *XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, 2 (January 2017), 1950–1959.
- Moss, J., Lambert, C. G., & Rennie, A. E. W. (2008). SME application of LCA-based carbon footprints. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(2), 132–141. <https://doi.org/10.1080/19397030802332930>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Retrieved from <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Convenci+n+marco+de+las+naciones+unidas+sobre+el+cambio+clim?tico#1>
- National Geographic (2019). 10 formas de reducir tu huella de carbono. México: National Geographic. Disponible en <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/10-formas-de-reducir-tu-huella-de-carbono/>
- Osorio Flórez, A., Usuga Montoya, L., Chalarca Zapata, J., Collazos Arango, A., & Betancur Vélez, M. (2018). La medición de huellas ambientales como Aporte de la universidad pontificia bolivariana A la sostenibilidad. *Revista Universidad Pontificia Bolivariana*, 57(157), 213 - 225. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/upb/article/view/8598/7889>
- Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I. D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4435–4455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.147>

- Sangwan, K. S., Bhakar, V., Arora, V., & Solanki, P. (2018). Measuring carbon footprint of an Indian university using life cycle assessment. *Procedia CIRP*, 69, 475-480. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117308910>
- Santos, D. (2015). Servicios de Desarrollo Sostenible-Cambio Climático: ¿Qué es ser Carbono Neutro? *ICONTEC*. ICONTEC. Retrieved from [https://www.icontec.org/Ser/EvCon/\\_layouts/15/osssearchresults.aspx?u=https%3A%2F%2Fwww.icontec.org%2FSer%2FEvCon&k=carbono neutral](https://www.icontec.org/Ser/EvCon/_layouts/15/osssearchresults.aspx?u=https%3A%2F%2Fwww.icontec.org%2FSer%2FEvCon&k=carbono%20neutral)
- Schaubroeck, T., Ceuppens, S., Luong, A. D., Benetto, E., De Meester, S., Lachat, C., & Uyttendaele, M. (2018). A pragmatic framework to score and inform about the environmental sustainability and nutritional profile of canteen meals, a case study on a university canteen. *Journal of cleaner production*, 187, 672-686.
- Schmidt, M. (2009). Carbon accounting and carbon footprint—more than just diced results? *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 1(1), 19–30.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. *CEPAL & República de Francia*, 46. Retrieved from <http://repositorio.cepal.org:80/handle/11362/3753>
- Segnestam, L. (2002). Indicators of Environment and Sustainable Development, Theories and practical experience. En: Environmental Economical Series. Paper 89. The World Bank Environment Department.
- Sundarakani, B., De Souza, R., Goh, M., Wagner, S. M., & Manikandan, S. (2010). Modeling carbon footprints across the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 43–50.
- The World Bank. (2018). Carbon Pricing Dashboard | Up-to-date overview of carbon pricing initiatives. *The World Bank*.
- Victoria, F., Costa, I., Castro, T., García, R., Romojaro, M., Mesa, M., Egea, J., Carvajal, M., Mota, C., Iglesias, M., Alcaraz, C. y Baile, A. (2010). Iniciativas para una economía baja en Carbono: Etiquetado de carbono en las explotaciones y productos agrícolas. La iniciativa agricultura murciana como sumidero de CO<sub>2</sub>. Murcia: Jiménez Godoy S.A.



- Viglizzo, E. (2010). *Huella de carbono, ambiente, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Sudamérica*. Retrieved from <http://www.huellacar-bono.es/apartado/general/huella-de-carbono.html>
- Wackernagel, M., y Rees, W. 2001. *Nuestra Huella Ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra*. Santiago de Chile: Lom Ediciones.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. *Ecological Economics Research Trends*, 1-11.
- World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development. (2008). *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI (ECCCR)*.





# Microbial indicators of sustainability in land use and management systems in Santa Catarina State, Brazil

## Indicadores microbiano de sostenibilidad en el uso de tierras y sistemas de gestion en estado de Santa Catarina, Brasil

Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta, Patrícia Eloísa Tormen, Luís Carlos Luñes de Oliveira Filho, Osmar Klauberg Filho, Dilmar Baretta<sup>1</sup>

### Abstract

**S**oil physical, chemical and microbiological attributes are influenced by several factors and are sensitive quality indicators to detect alterations caused by land use and management. The present study aimed to evaluate the effect of land use systems on microbiological, physical and chemical attributes, in the winter and summer, in the southern region of Santa Catarina (SC), Brazil. The land use systems (LUS) evaluated were native forest (NF), Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), annual crops under crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT).

<sup>1</sup> **Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta:** Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó (SC), Brasil. E-mail: carolmaluche@unochapeco.edu.br. (Correspondent author)

**Patrícia Eloísa Tormen:** Empresa Grotão Agonegócios, Ariquemes (RO). E-mail: patriciaeloisatormen@zootecnista.com.br.

**Luís Carlos Luñes de Oliveira Filho:** Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão (RS), Brasil. E-mail: iunes1981@gmail.com.

**Osmar Klauberg Filho:** Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Lages), Lages (SC), Brasil. E-mail: osmar.klauberg@udesc.br.

**Dilmar Baretta:** Centro de Educação Superior do Oeste, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Oeste), Chapecó (SC), Brasil. E-mail: dilmar.baretta@udesc.br

The South region of SC was represented by the municipalities of Orleans, Siderópolis and Lauro Müller, considered as true replicates of the LUS. Samples were collected in a  $3 \times 3$  sampling grid, totaling nine points, spaced by 30 m. The analyzed attributes were: microbiological – microbial biomass carbon (MBC), soil basal respiration (C-CO<sub>2</sub>), metabolic quotient ( $q\text{CO}_2$ ) and MBC:TOC ratio; physical – aggregate stability, particle size, soil moisture, bulk density, total porosity, microporosity and macroporosity; and chemical – pH in CaCl<sub>2</sub>, pH-SMP and contents of P, K, Al, Ca, Mg, organic matter, H+Al, C, N and S. The data were subjected to analysis of variance (*Two-way ANOVA*), and those that were significant and without collinearity were subjected to canonical discriminant analysis (CDA) and canonical correlation analysis (CCA). The CDA indicated separation between the systems NF, PA and EP. The microbiological attributes that most contributed to the separation between the LUS were C-CO<sub>2</sub> in the and  $q\text{CO}_2$ , regardless of the sampling period. The CCA between the microbiological and physical-chemical attributes of the soil was high. Microbiological attributes were efficient in separating the agricultural LUS from the others.

**Key words:** multivariate analysis, microbial biomass, land use, sustainability.

## Resumen

Los atributos físicos, químicos y microbiológicos del suelo están influenciados por varios factores y son indicadores de calidad sensibles para detectar alteraciones causadas por el uso y manejo de la tierra. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los sistemas de uso y manejo de la tierra sobre los atributos microbiológicos, físicos y químicos, en el invierno y el verano, en la región sur de Santa Catarina (SC), Brasil. Los sistemas de uso de la tierra (SUT) evaluados fueron bosques nativos (BN), plantaciones de eucaliptos (PE), pastos (PA), cultivos anuales de integración de cultivos y ganado (CAIG) y labranza cero (LC). La región sur de SC estuvo representada por los municipios de Orleans, Siderópolis y Lauro Muller, considerados como verdaderas réplicas de la SUT. Las muestras se recolectaron en una cuadrícula de muestreo de  $3 \times 3$ , con un total de nueve puntos, espaciados por 30 m. Los atributos analizados fueron: carbono de la biomasa microbiana

(CBM), respiración basal del suelo ( $C-CO_2$ ), cociente metabólico ( $qCO_2$ ) y relación CBM:COT; estabilidad de los agregados, tamaño de partículas, humedad del suelo, densidad aparente, porosidad total, microporosidad y macroporosidad; y químico: pH en  $CaCl_2$ , pH-SMP y contenido de P, K, Al, Ca, Mg, materia orgánica, H + Al, C, N y S. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA de dos vías), y aquellos que fueron significativos y sin colinealidad fueron sometidos a análisis discriminante canónica (ADC) y análisis de correlación canónica (ACC). El CDA indicó separación entre los sistemas BN, PA y PE. Los atributos microbiológicos que más contribuyeron a la separación entre el SUT fueron el  $C-CO_2$  en y el  $qCO_2$ , independientemente del período de muestreo. El CCA entre los atributos microbiológicos y físico-químicos del suelo era alto. Los atributos microbiológicos fueron eficientes para separar la SUT agrícola de las otras.

**Palabras clave:** análisis multivariado, biomasa microbiana, uso del suelo, sostenibilidad.

## 1. Introduction

The use of conservation systems for soil tillage and management has generated positive effects in terms of both environmental sustainability and increase in agricultural yield. No-tillage and crop-livestock integration system are examples of soil management practiced in Brazil and common in Santa Catarina state and aim to optimize the use of areas during the summer and winter, besides allowing the maintenance and improvement of soil microbiological, physical and chemical properties (Derpsch *et al.*, 2010).

Microbiological attributes have great efficacy and sensitivity in detecting alterations in soil quality, which are observed even before alterations in physical and chemical aspects (Pereira *et al.*, 2013; Assis *et al.*, 2017). The microbiota corresponds to most of the living and active fraction of soil organic carbon, and its activity depends on the quality and quantity of residues incorporated into the system, being altered according to their availability (Baretta *et al.*, 2005; Souza *et al.*, 2010). The magnitude of the effects of these variables may also differ and vary with biomes, regions, diversity of plants, climate and soil management (Dequiedt *et al.*, 2011; Colman and Schimel, 2013).

The indicators particularly include the determinations of microbial biomass carbon (MBC) and soil microbial activity (C-CO<sub>2</sub>), used in several studies, which have responded to the changes in different land use systems (Muniz *et al.*, 2011; Vasconcellos *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2018). Due to the vital role that soil microbial communities play in the functioning of the ecosystem, there is a need for evaluating and monitoring the soil with respect to its quality, which can be predicted from the microbial community activity and abundance (Richter *et al.*, 2018).

Some studies have identified strong differences in microbial properties between types of soil management (Liu *et al.*, 2014). Microbial activity tends to decrease when a system is disturbed, such as in agricultural soils, which are influenced by their use and management and may undergo alterations in biological, physical and chemical attributes (Cardoso *et al.*, 2013). As a consequence, the dynamics of carbon transformation and nutrient cycling is affected and the microbial community tends to reduce its energy efficiency, increasing CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere, result of this decomposition, and decreasing the amount of C accumulated in its biomass (Primieri *et al.*, 2017). Therefore, management practices aiming at sustainability and equilibrium of soil microbiota will consequently have a positive influence on plant production and reduce production costs, due to the increase in nutrient cycling capacity and soil-plant interaction.

In Brazil, although studies address microbial attributes in different systems of use and management (D'Andréa *et al.*, 2002; Lourente *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2016; Assis *et al.*, 2017; Martins *et al.*, 2019), there are few studies evidencing the quality of the soil with evaluation of these attributes and their relationship with physical and chemical aspects, at the same sampling point, with true replicates of the same land use system, and using multivariate analysis, especially in the southern region of Santa Catarina. The present study aimed to verify the potential of microbiological attributes in distinguishing land use and management systems, as well as their relationship with physical and chemical attributes, in soil samples obtained in the summer and winter, in the southern region of Santa Catarina, Brazil.

## 2. Material and Methods

The study was conducted in the southern region of Santa Catarina state, in the municipalities of Lauro Müller, Orleans and Siderópolis (Figure 1). The climate is humid mesothermal subtropical (*Cfa*) with hot summer, according to Köppen's classification. The soil of the evaluated areas was *Argissolo Vermelho-Amarelo* (Ultisol) (Embrapa, 2006).

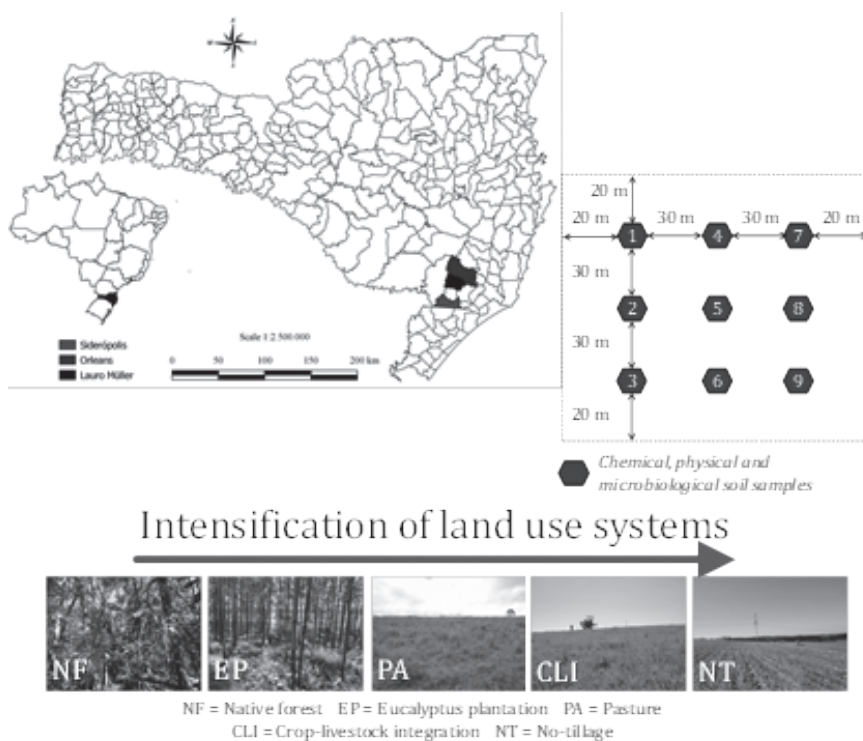


Figure 1. Sites and sampling scheme and model of intensity gradient of soil use exemplifying the systems sampled.

In each of the municipalities evaluated, the following gradient of intensification of land use systems (LUS) is used: native forest (NF), used as reference, Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), annual crops under crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT) (Figure 1). The LUS are characterized in Table 1.

Table 1. Characterization of the land use systems native forest (NF), Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT) of the municipalities of Orleans, Lauro Müller and Siderópolis, in Santa Catarina, Brazil.

NF	EP	PA	CLI	NT
Orleans				
22 J 670456.00 m E 6859772.00 m S  4 ha; No entry of people or animals.	22 J 671654.96 m E 6859399.12 m S  1,5 ha; one harrowing before planting; 12 years under EP. Previous use: native forest.	22 J 670541.00 m E 6859538 m S  Cultivated pasture; 4 ha; 80 years of use; Entry of 15 animals.	22 J 671259.00 m E 6859610.00 m S  4 ha; 2 years under CLI; Minimum tillage with no entry of animals; Summer: maize; Winter: maize, oats; With use of poultry litter and chemical fertilization.	22 J 670472.66 m E 6859615.67 m S  2 ha; 3 years under NT; Summer: maize; Winter: Common bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) with application of 7 t ha <sup>-1</sup> of limestone 5 years ago.
Lauro Müller				
22 J 653320.00 m E 6862500.00 m S  4 ha; Entry of 5 animals.	22 J 652769.26 m E 6862779.29 m S  2 ha; 20 years of planting. Previous use: pasture.	22 J 653209.79 m E 6862636.31 mS  3 ha; Fertilization with poultry litter for 3 years and entry of approximately 8 animals in the entire area.	22 J 653276.00 m S 6862268.00 m S  2 ha; 3 years under CLI; Summer: maize Winter: oats. Entry of 30 animals. Subsoiling and harrowing with application of 180 kg NPK ha <sup>-1</sup> .	22 J 653240.01 m E 6862002.40 m S  1 ha; 3 years of use; Summer: maize; Winter: oats; Harrowing; Application of 250 kg NPK ha <sup>-1</sup> and entry of 30 animals.



NF	EP	PA	CLI	NT
		Siderópolis		
22 J 655953.00 m E 6837241 m S	22 J 648194.00 m E 6836880.00 m S	22 J 642334.97 m E 6837734.60 m S	22 J 646789.62 m E 6837356.48 m S	22 J 648097.82 m E 6836929.75 m S
11 ha; No entry of people or animals.	2 ha; 9 years of planting and thinning performed in July 2012. Previous use: maize ( <i>Zea mays</i> ), with entry of 4 animals.	6 ha; Time of use: 30 years; Conventional planting (cassava [ <i>Manihot glaziovii</i> ], maize and oats) and entry of 20 animals.	4 ha; 6 years under CLI; Conventional planting; Summer: maize Winter: oats ( <i>Avena sativa</i> ) and ryegrass ( <i>L. multiflorum</i> ) and entry of 30 animals.	11 ha. 3 years under NT; Summer: maize; Winter: oats; Scarification, liming and urea application.

Soil samples for the evaluation of microbiological, chemical and physical attributes were collected during the summer (February 2012), when the average monthly temperature of the region was 26.2 °C, with precipitation of 195 mm, and winter (August 2012), with average monthly temperature of 14.6 °C and precipitation of 108 mm.

Soil samples were collected at nine points per LUS in a 3 × 3 sampling grid, with 30 m spacing between each point and 20 m border, totaling 45 points per municipality and totaling 135 points in each sampling period (Figure 1). The municipalities were considered as true replicates of the LUS.

For the evaluation of microbiological, chemical and physical attributes, 12 subsamples of soil were collected at each point using a Dutch auger in the 0-20 cm layer. For microbiological analysis, the samples were sieved (2-mm mesh) and kept under refrigeration (4 °C) until the analyses were performed. For chemical and physical analyses (disturbed sample), the samples were air-dried, sieved (2 mm) and stored at room temperature until the analysis. For the physical analysis of undisturbed samples, they were collected using stainless

steel rings with 5 cm diameter and kept intact and sealed (to avoid moisture loss) until the analysis.

Soil microbial biomass carbon (MBC) was determined by the fumigation-extraction method (Vance *et al.*, 1987). Soil microbial activity was determined based on the basal respiration (C-CO<sub>2</sub>) in 50 g of soil, adjusting the sample moisture to 55% field capacity. The samples were incubated for 10 days in airtight glass flasks, containing a flask with NaOH solution in incubator oven in the dark, at 28 °C (Alef and Nannipieri, 1995). The results of basal respiration and MBC were used to calculate the metabolic quotient ( $qCO_2$ ), which represents the C-CO<sub>2</sub> release rate per unit of microbial biomass C (Anderson and Domsch, 1993).

The soil chemical attributes analyzed were: pH in CaCl<sub>2</sub>, SMP index (pH-SMP), contents of phosphorus (P), potassium (K), exchangeable aluminum (Al), calcium (Ca), magnesium (Mg), organic matter (OM), potential acidity (H+Al), with calculation of cation exchange capacity at pH 7.0 (CEC) and sum of bases (SB) (Tedesco *et al.*, 1995). C, N and S contents were determined using the dry combustion procedure in CHNS elemental analyzer, as suggested by Pereira *et al.* (2013). The total C data were used to calculate the MBC:TOC ratio, assigning the percentage of microbial C relative to the total soil C.

In disturbed samples, the following soil physical properties were analyzed: aggregate stability (Kemper and Chepil, 1965), particle size (Gee and Bauder, 1986), and soil moisture (Embrapa, 2011). Soil bulk density (Ds), total porosity, microporosity and macroporosity were determined in undisturbed soil samples (Embrapa, 2011).

Soil attributes were subjected to analysis of variance (*One-way ANOVA*) and the means were compared by the LSD test ( $p < 0.05$ ). These attributes were also subjected to canonical discriminant analysis (CDA) to identify which of them were more relevant to discriminate the studied systems (Cruz-Castillo *et al.*, 1994; Pereira *et al.*, 2013). Additionally, soil attributes were subjected to canonical correlation analysis (CCA) to verify whether there is a relationship and which microbiological, chemical and physical attributes are correlated with each other. Canonical correlations of microbiological (MBC, C-CO<sub>2</sub>,  $qCO_2$  and MBC:TOC ratio), chemical [TOC, C/N ratio, pH-SMP, P, K, Al, Ca] and physical [moisture, Ds, Micro, Macro and MWD] attributes were studied in the CCA. Other

variables analyzed were removed from the CCA because they showed collinearity effect, as suggested by several authors (Pereira *et al.*, 2013). Statistical analyses were performed using the program SAS version 8.2 (SAS Institute, 2002).

### **3. Results**

#### **3.1. Microbial Attributes of Soil Quality**

Microbial attributes proved to be efficient and sensitive in assessing the level of sustainability of the land use systems (LUS) evaluated in southern Brazil, during the two sampling periods ( $p < 0.05$ ). For the microbial biomass carbon (MBC), the highest values were detected in the summer (Figure 2a) in NF, PA and CLI, which did not differ from one another, followed by EP and NT, which were lower and also did not differ from each other. In the winter (Figure 2b), there was no statistical difference between the MBC values found in the PA, EP, NF and CLI systems, whereas the NT had the lowest values, statistically differing from the PA, EP and NF systems and not differing from the CLI system.

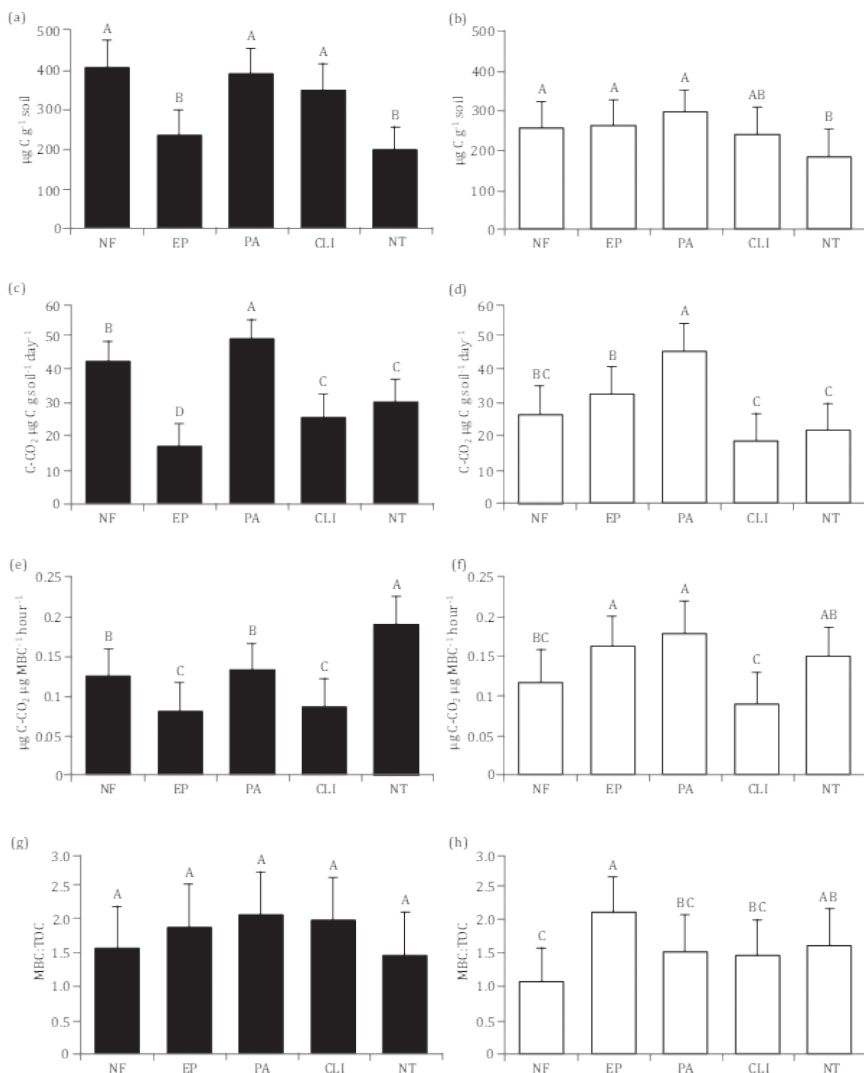


Figure 2. Microbial biomass carbon (MBC) in the summer (a) and winter (b); soil basal respiration ( $\text{C-CO}_2$ ), in the summer (c) and winter (d); metabolic quotient ( $q\text{CO}_2$ ), in the summer (e) and winter (f); and MBC:TOC ratio in the summer (g) and winter (h) in the land use systems (LUS) in native forest (NF), Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT). Uppercase letters compare the land management systems in the same period, by the LSD test ( $p < 0.05$ ).

The intensification of land use affects the functionality of soil microbiota and it can be used to monitor the changes caused by soil management, predicting the degree of sustainability of these systems. Compared to the forest, the MBC was lower in agricultural systems (CLI and NT), evidencing that the intensification of land use alters the microbial dynamics of the soil, affecting its capacity to store carbon in its microbial biomass (Zhao *et al.*, 2013).

Native forest systems tend to have higher values of MBC (Primieri *et al.*, 2017), due to the greater presence of residues on the superficial soil layer, greater diversity of organic compounds, greater amount of roots and better temperature and humidity conditions, which provide benefits for soil microbiota (Souza *et al.*, 2010; Sherrod *et al.*, 2018).

The study showed that there was no difference between the MBC found in the forest system and those found in the LUS with presence of grasses in grazing system, both for winter and summer (PA and CLI). Similarly, Carneiro *et al.* (2008) evaluated pasture systems during the summer period in the Brazilian Cerrado and found higher MBC values in areas of crop-livestock integration and pasture ( $432 \mu\text{g C g}^{-1}$  soil and  $564 \mu\text{g C g}^{-1}$  soil, respectively). For the same study, the native forest showed MBC values of  $275 \mu\text{g C g}^{-1}$  soil, in a *Neossolo Quartzarênico* (Entisol), and  $541 \mu\text{g C g}^{-1}$  soil, in a *Latossolo Vermelho* (Oxisol).

The PA and CLI systems had increments of more than 25% in the MBC contents found in the summer compared to the winter period (Figure 2a), which is attributed to the presence of the dense root system of grasses, renewal of plant biomass due to grazing cycles, deposition of excrement by animals, as well as crop rotation, in the case of CLI. By contrast, the EP and NT systems had the lowest MBC values in the summer sampling (Figure 2a), which can be explained for EP by the lower plant diversity found in the area occupied with *Eucalyptus grandis*.

In the area of *Eucalyptus* reforestation occurred the thinning of the plants in the winter, in a period prior to the sampling in the reforestation area, which directly affects the supply of leaf material, reduction in the number of trees per area and higher incidence of sunlight on soil surface, which stimulates new shoots and facilitates water loss by evaporation. Hence, the microbial community adapted to decompose this type of material increases its biomass after receiving a less lignified residue and temperature stimulus.

For the NT system, the time of use of the areas was 1 to 3 years and the highest values of microbial biomass tend to be found in areas where crops have been used for longer periods (D'Andréa *et al.*, 2002; Pragana *et al.*, 2012). This directly affects the physical and chemical characteristics of the soil and, consequently, its microbial community, which is undergoing adaptation to the new conditions offered by the implemented system (Lourente *et al.*, 2011). D'Andréa *et al.* (2002), in an experiment comparing conventional agricultural systems, pasture and no-tillage, found no differences in MBC contents, which was attributed to the short time of use of the no-tillage systems, around 4 to 5 years.

The transition from a more intensive cultivation system, which involves soil disturbance, to a more conservational management system, such as no-tillage, directly affects the microbial dynamics. The first 5 years of no-tillage, initial phase of the system, is highly sensitive because it involves the re-structuring of the soil, lower organic matter content and quantity of plant residues, as well as greater amount of immobilized N (Freixial and Carvalho, 2013). These characteristics affect the availability and reserve of organic material for biological activity, which explains the NT showing the lowest MBC values, including in the winter sampling.

In a complementary manner and representing the microbial activity oxidizing the organic matter by aerobic soil organisms, the parameter C-CO<sub>2</sub> or soil basal respiration (SBR) had in the summer period (Figure 2c) its highest value in the PA system, followed by NF and by the CLI and NT systems, which did not differ from each other, with the lowest C-CO<sub>2</sub> values in the EP system. For the winter (Figure 2d), the highest values were found in the PA system, followed by EP and NF, which did not differ from each other. The agricultural systems NT and CLI, respectively, had the lowest C-CO<sub>2</sub> values, not differing from the native forest (Figure 2d).

Calculated from the values of MBC and SBR, the  $qCO_2$  (metabolic quotient) is more relevant and assists in the eco-physiological evaluation of a land use and management system, demonstrating whether the microbiota is being efficient in decomposing and immobilizing nutrients or if lower immobilization and greater C losses in the form of CO<sub>2</sub> are occurring (Kabiri *et al.*, 2016). For  $qCO_2$ , the values differed ( $p < 0.05$ ) between the areas sampled in the two periods; in the summer (Figure 2e), the NT system had higher values, followed by PA and NF, which did not differ from each other, and by CLI and EP. During the winter (Figure 42),

the  $q\text{CO}_2$  was higher in the PA and EP systems, which did not differ from each other, followed by NT and NF, which were also similar, followed by CLI, which had the lowest value compared to the other systems.

Based on the result obtained for the three microbial attributes (MBC, C- $\text{CO}_2$  and  $q\text{CO}_2$ ) it can be observed that the NT system showed the lowest  $\text{CO}_2$  emission in the summer, but the lowest efficiency for C accumulation in its biomass (lower MBC), which metabolically represents a more stressed microbial population (higher  $q\text{CO}_2$ ), as a result of the change from conventional management to no-tillage, still in its initial phase (2-3 years, Table 1). The data of this study demonstrate what the technical assistance recommends in relation to the need for monitoring and care of first-year crops in NT, which often leads to reduction of yield and causes producers to abandon the system.

However, it is important to point out that several studies evaluating the NT system identify that, after its consolidation, it stimulates the growth and activity of soil microbial community (Balota, 2017) due to the lack of disturbance and deposition of residues on the surface and, in surface, due to the root system of plant species, which allows an increase in the microbial biomass that uses these residues as sources of C and energy (Lourente *et al.*, 2011). Ferreira *et al.* (2017) observed difference between management systems (no-tillage and conventional planting of upland rice) for MBC, SBR and  $q\text{CO}_2$ , and under no-tillage the values of MBC and  $q\text{CO}_2$  were close to those observed for the forest, when the NT was already consolidated. The results also suggest that systems that include grasses in their composition under grazing (CLI and PA) are less intense and more sustainable. For the CLI system, the microbial community showed lower  $\text{CO}_2$  emission rates, being less stressed and metabolically more efficient (lower  $q\text{CO}_2$ ), with higher capacity to accumulate carbon in its biomass (higher MBC), both in winter and in summer. By contrast, for the PA system, even with higher  $\text{CO}_2$  emissions, the microbial community confirms that in this system the levels of  $\text{CO}_2$  are related to the quantity of substrate available for microbial activity because, even with higher emissions, it can accumulate more carbon in its biomass and be in the same physiological condition than that in the NF.

High microbial respiration rates are desirable when the decomposition of organic material provides nutrients for plants, demonstrating a system with high yield, or may also indicate that a system is under

stress (Quadros *et al.*, 2012), with  $q\text{CO}_2$  acting as a complement for the distinction of these cases. In studies with pastures and conservational agricultural systems such as NT and CLI, there is a tendency of higher microbial activity when compared to soils under conventional cultivation or native forest (Carneiro *et al.*, 2008).

For the reforestation system, although the microbial population in the area spent less energy with its metabolic activity (lower C- $\text{CO}_2$  and lower  $q\text{CO}_2$ ), the system can accumulate less carbon in its biomass (lower MBC), a result of the type of plant material. These conditions also show a less efficient microbial population, but already adapted to the management system with lower oscillations along the periods of the year. When there is large deposition of litter, with low degradation rates due to the high C/N ratio, a physical barrier is created, resulting in lower influence of temperature and soil moisture, making the microbial activity more constant.

The last attribute evaluated, the MBC:TOC ratio (microbial coefficient), did not vary like the other attributes evaluated in the management systems (Figures 2g, h). For the summer (Figure 2g), all LUS had equivalent values of MBC:TOC ( $p > 0.05$ ), with no differences between them. The highest ratio of carbon accumulated in the microbial biomass, relative to the total organic carbon of the soil, occurred in the EP system during the winter ( $p < 0.05$ ) (Figure 2h), being similar to NT, which did not differ from PA, CLI and NF.

Lourente *et al.* (2011), in a study with conventional planting systems with crop rotation, native forest and systems with different covers, found that there was no difference between the LUS studied, but the MBC:TOC ratio was higher in the summer than in the winter, which differs from that observed in the present study. Soil microbial biomass is highly dependent on factors such as the seasonal fluctuation of temperature and humidity, besides the cultivation and management of residues on the soil (Cardoso *et al.*, 2009). Lower values of MBC:TOC ratio in the winter reflect the lower use of C by the soil microbiota, which may be associated with soil acidity or factors such as nutrient limitation, or even the quality of the organic matter supplied. The contribution of organic material in the superficial layer positively alters the organic carbon content of the soil, which acts directly on the activity of microorganisms due to their capacity to provide nutrients for the maintenance of microbial activity.



The MBC:TOC ratio has been used to monitor soil quality and it has been suggested that MBC:TOC ratios expressing C equilibrium conditions would be within the range from 2.3 in monoculture systems to 4.4 in crop rotation; lower values indicate losses of C and higher values indicate accumulation of C in the microbial biomass (Anderson and Domsch, 1993; Carneiro *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009; Muniz *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2013). Due to the direct influence of the management factors and stabilization of organic C, these conditions reported above require specific values established for each type of management and region.

### 3.2. Canonical Discriminant Analysis (CDA) and Canonical Correlation Analysis (CCA)

Discriminating the studied LUS, the Wilks' Lambda multivariate statistical test for soil microbiological and physical-chemical attributes showed significant differences between the sampling periods and the systems studied ( $p < 0.0001$ ). The CDA demonstrated in the first canonical discriminant function (CDF1) that the statistical model used in the CDA explained virtually all data variability, with CDF1 explaining in the two evaluation periods 94.16 and 94.25%, in the winter and summer, respectively (Figure 3a, b).

Figures 3a (summer) and 3b (winter) present the relationship between the CDF1 of the LUS and standardized canonical coefficients (SCC) discriminating the systems studied. Based on the physical-chemical and microbiological attributes studied, the CDF1 clearly separated, with higher values of SCC, the agricultural systems CLI and NT from NF, EP and PA systems. The arrangement of the LUS confirms the high dissimilarity in relation to the microbiological and physical-chemical attributes both in the summer (Figure 3a) and in the winter (Figure 3b), and C-CO<sub>2</sub> and *q*CO<sub>2</sub> were the microbiological attributes that demonstrated the highest values of parallel discriminant ratio (PDR) in the separation of the LUS, regardless of the sampling period (Table 2).

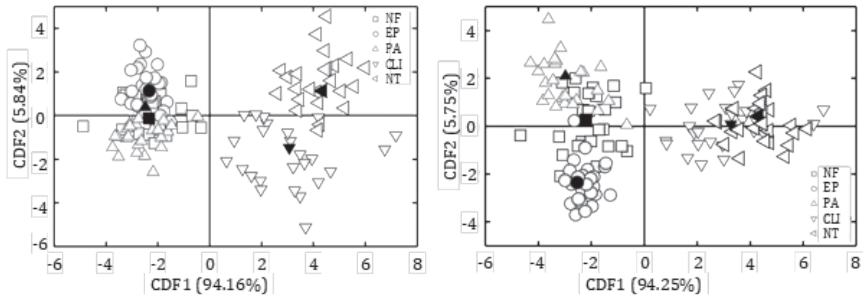


Figure 3. Canonical discriminant analysis (CDA) between the microbiological and physical-chemical attributes of the soil. Microbiological attributes ( $C-CO_2$ , MBC,  $qCO_2$  and MBC:TOC); physical-chemical attributes [TOC, Ca, K, Al, P, pH-SMP; moisture, bulk density, microporosity, macroporosity, mean weight diameter (MWD)], in native forest (NF), Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT), in the summer (a) and winter (b). Full points indicate centroids (means).

Table 2. Parallel discriminant ratio (PDR) of the canonical discriminant function 1 (CDF1), discriminating the land use systems (LUS) of native forest (NF), Eucalyptus plantation (EP), pasture (PA), crop-livestock integration (CLI) and no-tillage (NT), in the summer and winter, in the southern region of Santa Catarina, Brazil.

Environmental variable	PDR	
	CDF1 - Summer	CDF1 - Winter
Microbial biomass carbon	-0.034	-0.025
Basal respiration ( $C-CO_2$ )	0.034	0.056
Metabolic quotient $qCO_2$ )	0.022	-0.020
Microbial biomass carbon/total organic carbon ratio	0.011	0.005
Total organic carbon	0.072	0.074
Soil carbon/nitrogen ratio	0.033	0.041
pH-SMP	-0.057	-0.038
Phosphorus (P)	0.283	0.266
Potassium (K)	-0.029	-0.023

Environmental variable	PDR	
	CDF1 - Summer	CDF1 - Winter
Aluminum (Al)	-0.119	-0.033
Calcium (Ca)	0.535	0.524
Moisture	0.034	-0.040
Soil bulk density	0.149	0.161
Microporosity	-0.038	-0.035
Macroporosity	-0.018	-0.009
Mean weight diameter	0.122	0.096

The multivariate statistical analysis also demonstrated that the microbial attributes, besides being excellent indicators of sustainability of the evaluated land use and management systems (LUS), promoting their separation/discrimination, are related to the physical-chemical variables of these soils. For such relationship, the Canonical Correlation Analysis (CCA) between the chemical and physical (Chemical+Physical1) and microbial (Biological1) attributes obtained a correlation of 0.92 ( $p < 0.0001$ ), for both periods studied, demonstrating high association of these attributes for the perception of soil quality (Figure 4a, b).

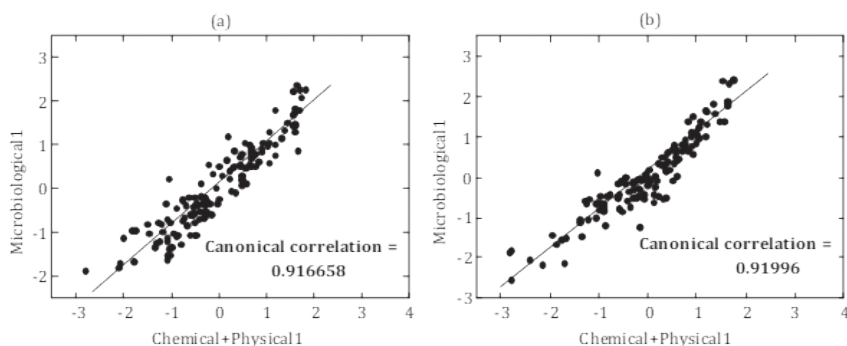


Figure 4. Canonical correlation between the obtained physical-chemical attributes (microporosity, macroporosity, mean weight diameter, moisture, bulk density and TOC, Ca, K, Al, P, pH-SMP) and microbiological attributes ( $C-CO_2$ , MBC,  $qCO_2$  and MBC:TOC), regardless of the land use system, in the summer (a) and winter (b).

Similarly, Pereira *et al.* (2013), in a study of native and reforested *Arucaria* forests, also evaluated the correlation between physical and chemical and microbiological attributes in two contrasting periods and also found high correlation between these variables, equal to 0.86 in the summer and to 0.91 in the winter. Lourente *et al.* (2011) also evaluated the correlation of physical and chemical and microbiological attributes in LUS similar to those of the present study and, through Pearson's correlation analysis, found that the microbiological attributes were efficient indicators of changes in physical and chemical aspects of the soil.

As mentioned through the univariate model of data processing, C-CO<sub>2</sub> is related to the degradation of organic residues deposited on the soil, indicating that a high respiratory rate, in a short time, causes the mineralization of C and other nutrients, which in the long term can lead to a reduction in the organic matter content in the system, with losses of C (Rice *et al.*, 1996). The *q*CO<sub>2</sub> determines, through microbial respiration, whether stress factors or disturbances are occurring, or whether there is a great efficiency in rapidly decomposing the organic material and immobilizing it in microbial cells (Lourente *et al.*, 2011). High values of *q*CO<sub>2</sub> in a given LUS indicate that the C oxidation in the microorganisms' cells is being directed to maintenance and adaptation to the soil (Anderson and Domsch, 1993; Islam and Weil, 2000).

Among the chemical attributes, Ca in the summer and winter had the highest values of PDR in terms of effect on the separation of the LUS, followed by P. According to Iwata *et al.* (2012), high levels of Ca, Mg and exchangeable bases, observed in soils under agroforestry systems, are due to the high activity of decomposition of organic material by soil microorganisms, because of the environment that this system provides. The same study found lower contents of these nutrients in NF systems, which occurred because the NF system provides an environment in equilibrium and due to the absence of fertilization, compared to the agricultural systems, so the microorganisms absorb what is available in the soil, without higher availability of Ca, Mg and K (Barreto and Lima, 2006).

P also had considerable values of PDR for the discrimination of the LUS, due to the greater supply of organic residues, diversity of root systems and mainly because the agricultural areas for grain cultivation receive large quantities of this nutrient (Falleiro *et al.*, 2003). The increase of P in soil due to previous applications leads to an increase in the amount

of P immobilized in the microbial biomass (Conte *et al.*, 2002). In tropical soils, P cycling may be affected by the alterations of the LUS, mainly because they are characterized by the low content of this nutrient, with high adsorption, especially in LUS that have never received fertilization, such as the EP and NF of the present study (Matos *et al.*, 2006).

Nutrient replacement may have contributed to the separation of the LUS, because the agricultural systems NT and CLI received fertilization of N, P and K. According to Martens (1995), in conservational agricultural systems, soil microbial biomass may immobilize between 100 kg ha<sup>-1</sup> and 600 kg ha<sup>-1</sup> of N and between 50 kg ha<sup>-1</sup> and 300 kg ha<sup>-1</sup> of P, up to 30 cm depth, where these quantities exceed the annual fertilizer application and the nutritional requirements of most cultivated plants.

In the three municipalities of the southern region of Santa Catarina studied, soil bulk density ranged from 0.93 to 1.52 kg dm<sup>-3</sup>. As bulk density increases, there is a reduction of macropores and increase of micropores, restricting fungal and bacterial communities due to the reduction of aeration and nutrient availability (Vasconcellos *et al.*, 2013). The results observed in the present study are similar to those reported by Lourente *et al.* (2011), who observed values from 1.10 kg dm<sup>-3</sup> to 1.14 kg dm<sup>-3</sup>.

The present study shows the importance of evaluating more than one soil attribute because there are high correlations and these should be adequate to maintain quality and yield, with sustainability of land use systems. It is suggested that new studies include soil chemical and physical attributes at the same sampling points and standardized methods, because this will greatly increase the probability of finding significant correlations between the explanatory environmental variables and the activity and diversity of soil organisms.

#### 4. Conclusions

Microbiological attributes were efficient in separating the LUS, especially the agricultural LUS, no-tillage and crop-livestock integration from the other systems of pasture, Eucalyptus plantation and native forest.

The canonical discriminant analysis (ACD) indicated separation between the systems of native forest, pasture and Eucalyptus plantation from the other systems of no-tillage and crop-livestock integration.

The microbiological attributes that most contributed to the separation between the LUS were C-CO<sub>2</sub> and qCO<sub>2</sub>, regardless of the period.

There was a significant canonical correlation between the microbiological and physical-chemical attributes of the soil, indicating that alterations in the physical and chemical attributes directly influence the microbiological attributes.

**Acknowledgments:** The authors thank the Sisbiota/SC Project executed with financial support from FAPESC (Process nº 6.309/2011-6/FAPESC) and CNPq for the scholarship granted (Process nº 563251/2010-7/CNPq). D.B. thanks CNPq for the Research Productivity grant (CNPq 305939/2018-1).

## Cited Literature

- Alef, K., Nannipieri, P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London.
- Anderson, T.H., Domsch, K.H. 1993. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25:393–395.
- Assis, P.C.R., Stone, L.F., Silveira, A.L.R., Oliveira, J. de M., Wruck, F.J., Madari, B.E. 2017. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41:e0160209.
- Balota, E.L. 2017. *Manejo e qualidade biológica do solo*. Editora Mecnas, Londrina.
- Baretta, D., Santos, J.C.P., Figueiredo, S.R., Klauberg-Filho, O. 2005. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto sul Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:715–724.
- Barreto, A.C., Lima, F.H.S. 2006. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. *Revista Caatinga*, 19:415–425.
- Cardoso, E.J.B.N., Vasconcellos, R.L.F., Bini, D., Miyachi, M.Y.H., Santos, C.A., Alves, P.R.L., Paula, A.M., Nakatani, A.S., Pereira, J.M., Nogueira, M.A. 2013. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Scientia Agricola*, 70:274–289.

- Cardoso, E.L., Silva, M.L.N., Moreira, F.M.S., Curi, N. 2009. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:631–637.
- Carneiro, M.A.C., Assis, P.C.R., Melo, L.B.C., Pereira, H.S., Paulino, H.B., Silveira Neto, A.N. 2008. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38:276–283.
- Carneiro, M.A.C., Souza, E.D., Reis, E.F., Pereira, H.S., Azevedo, W.R. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147–157.
- Colman, B.P., Schimel, J.P. 2013. Drivers of microbial respiration and net N mineralization at the continental scale. *Soil Biology and Biochemistry*, 60:65–76.
- Conte, E., Anghinoni, I., Rheinheimer, D.S. 2002. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:925–930.
- Cruz-Castillo, J.G., Ganeshanandam, S., MacKay, B.R., Lawes, G.S., Lawoko, C.R.O., Woolley, D.J. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. *HortScience*, 29:1115–1119.
- D'Andréa, A.F., Silva, M.L.N., Curi, N., Siqueira, J.O., Carneiro, M.A.C. 2002. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:913–923.
- Dequiedt, S., Saby, N.P.A., Lelievre, M., Jolivet, C., Thioulouse, J., Toutain, B., Arrouays, D., Bispo, A., Lemanceau, P., Ranjard, L. 2011. Biogeographical patterns of soil molecular microbial biomass as influenced by soil characteristics and management. *Global Ecology and Biogeography*, 20:641–652.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3:1–26.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2011. *Manual de métodos de análise de solo*. 2nd ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2nd ed. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro.
- Falleiro, R.M., Souza, C.M., Silva, C.S.W., Sedyama, C.S., Silva, A.A., Fagundes, J.L. 2003. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1097–1104.
- Ferreira, E.P. de B., Stone, L.F., Martin-Didonet, C.C.G. 2017. Population and microbial activity of the soil under an agro-ecological production system. *Revista Ciência Agronômica*, 48:22–31.
- Freixial, R. Carvalho, M. 2013. As fases de transição e consolidação da agricultura de conservação e da sementeira directa (AC/SD) em culturas anuais nas condições mediterrâneas. *Vida Rural*, 36-40 (Dossier técnico).
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383–411. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison.
- Islam, K.R., Weil, R.R. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79:9–16.
- Iwata, B.F., Leite, L.F.C., Araújo, A.S.F., Nunes, L.A.P.L., Gehring, C., Campos, L.P. 2012. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16:730–738.
- Kabiri, V., Raiesi, F., Ghazavi, M.A. 2016. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232:73–84.
- Kemper, W.D., Chepil, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. p. 499–510. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison.
- Liu, Z., Zhou, W., Shen, J., Li, S., Ai, C. 2014. Soil quality assessment of yellow clayey paddy soils with different productivity. *Biology and Fertility of Soils*, 50:537–548.



- Lourente, E.R.P., Mercante, F.M., Alovisei, A.M.T., Gomes, C.F., Gasparini, A.S., Nunes, C.M. 2011. Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo sob condições de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:20–28.
- Martens, R. 1995. Current methods for measuring microbial biomass C in soil: Potentials and limitations. *Biology and Fertility of Soils*, 19:87–99.
- Martins, A.F., Salcedo, I.H., Oliveira, F.P. de, Pereira, W.E. 2019. Physical, chemical, and microbiological properties of soil under different plant covers in the Seridó desertification region in the Brazilian Semiarid. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 43:e0180162.
- Matos, E.S., Mendonça, E.S., Villani, E.M.A., Leite, L.F.C., Galvão, J.C.C. 2006. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:625–632.
- Muniz, L.C., Madari, B.E., Trovo, J.B.F., Cantanhêde, I.S.L., Machado, P.L.O.A., Cobucci, T., França, A.F.S. 2011. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46:1262–1268.
- Nascimento, P.G.M.L., Cruz, B.L.S., Dantas, A.M. M., Freitas, F.C.L., Ambrósio, M.M.Q., Sales Júnior, R. 2016. Microbial communities in soil cultivated with muskmelon under different management systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40:e0160130.
- Pereira, J.M., Baretta, D., Bini, D., Vasconcellos, R.L.F., Cardoso, E.J.B.N. 2013. Relationships between microbial activity and soil physical and chemical properties in native and reforested *Araucaria angustifolia* forests in the state of São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:572–586.
- Pragana, R.B., Nóbrega, R.S.A., Ribeiro, M.R., Lustosa Filho, J.F. 2012. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:851–858.
- Primieri, S., Muniz, A.W., Lisboa, H.M. 2017. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. *Floresta e Ambiente*, 24:e00110314.
- Quadros, P.D., Zhalnina, K., Davis-Richardson, A., Fagen, J.R., Drew, J., Bayer, C., Camargo, F.A.O., Triplett, E.W. 2012. The effect of tillage system and

- crop rotation on soil microbial diversity and composition in a subtropical acrisol. *Diversity*, 4:375–395.
- Rice, C.W., Moorman, T.B., Beare, M., 1996. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. p. 203–215. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.). *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Madison.
- Richter, A., Huallacháin, D.Ó., Doyle, E., Clipson, N., Van Leeuwen, J.P., Heuvelink, G.B., Creamer, R.E. 2018. Linking diagnostic features to soil microbial biomass and respiration in agricultural grassland soil: a large-scale study in Ireland. *European Journal of Soil Science*, 69:414–428.
- SAS Institute, 2002. *SAS/STAT: User's Guide Statistics*.
- Sherrod, L.A., McMaster, G.S., Delgado, J.A., Schipanski, M.E., Fonte, S.J., Montenieri, R.L., Larson, K. 2018. Soil carbon pools in dryland agroecosystems as affected by several years of drought. *Journal of Environmental Quality*, 47:766–773.
- Silva, L.G., Mendes, I.C., Reis Junior, F.B., Fernandes, M.F., Melo, J.T., Kato, E. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:613–620.
- Souza, E.D., Costa, S.E.V.G.A., Anghinoni, I., Lima, C.V.S., Carvalho, P.C.F., Martins, A.P. 2010. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:79–88.
- Tedesco, M.J., Gianello, C., Bissani, C.A., Volkweiss, S.J., 1995. *Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, 19:703–707.
- Vasconcellos, R.L.F., Bonfim, J.A., Andreote, F.D., Mendes, L.W., Baretta, D., Cardoso, E.J.B.N. 2013. Microbiological indicators of soil quality in a riparian forest recovery gradient. *Ecological Engineering*, 53, 313–320.
- Xu, Y., Tang, H., Xiao, X., Li, W., Li, C., Sun, G., Cheng, K. 2018. Effects of long-term fertilization management practices on soil microbial car-

bon and microbial biomass in paddy soil at various stages of rice growth. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42:e0170111.

Zhang, B., He, H., Ding, X., Zhang, Xudong, Zhang, Xiaoping, Yang, X., Filley, T.R. 2012. Soil microbial community dynamics over a maize (*Zea mays* L.) growing season under conventional- and no-tillage practices in a rainfed agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, 124:153–160.

Zhao, D., Li, F., Yang, Q., Wang, R., Song, Y., Tao, Y. 2013. The influence of different types of urban land use on soil microbial biomass and functional diversity in Beijing, China. *Soil Use Management*, 29:230–239.





# Desafios para a governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos frente à expansão da fronteira agrícola brasileira

## Challenges for the sustainable governance of territorial spaces especially protected against the expansion of the Brazilian agricultural frontier

Reginaldo Pereira, Carolina Riviera Maluche Baretta,  
Pamela Bier Belló Rocha<sup>1</sup>

### Resumo

O texto trata dos desafios que a expansão da fronteira agrícola vem impondo para a governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos, no Brasil. Três linhas de investigação conduzem a análise. Em um primeiro momento, a partir de informações constantes no Primeiro Relatório Global sobre o Estado de Direito Ambiental da ONU, apresenta-se o estado da arte da governança ambiental.

<sup>1</sup> **Reginaldo Pereira:** Doutor em Direito (UFSC). Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Direito (UNOCHAPECÓ). Líder do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã (UNOCHAPECÓ). Membro da Rede de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade e Ambiente (RENANOSOMA). E-mail: rpereira@unochapeco.edu.br.

**Carolina Riviera Maluche Baretta:** Doutora em Agronomia (USP). Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais (UNOCHAPECÓ). E-mail: carolmaluche@unochapeco.edu.br.

**Pamela Bier Belló Rocha:** Mestranda em Direito (UNOCHAPECÓ). Bolsista Capes/Prosup. Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Direito, Democracia e Participação Cidadã (UNOCHAPECÓ). E-mail: pamelabello@unochapeco.edu.br.

Em seguida, são levantados os fundamentos jurídicos de tutela dos espaços territoriais especialmente protegidos. O trabalho problematiza, por fim, como a expansão da fronteira agrícola e a comoditização das atividades agropecuárias coincidem com a sistemática flexibilização da legislação ambiental brasileira e com a criação de um ambiente de baixa efetividade de governança dos espaços vitais para a garantia dos processos ecológicos essenciais à sustentabilidade socioambiental. A pesquisa que deu origem ao texto é analítica. O método utilizado é o dedutivo, operacionalizado por meio de pesquisa teórica a fontes bibliográficas diretas e indiretas.

**Palavras-chave:** Estado de Direito Ambiental; Governança; Sustentabilidade Socioambiental; Espaços Territoriais Especialmente Protegidos; Agricultura.

## Abstract

The text addresses the challenges that the expansion of the agricultural frontier has imposed on the sustainable governance of the specially protected territorial spaces in Brazil. Three lines of research lead the analysis. First, from the information contained in the First Global Report on the UN Environmental Rule of Law, the state of the art of environmental governance is presented. Then the legal grounds of protectorship of specially protected territorial spaces are raised. Finally, the paper discusses how the expansion of the agricultural frontier and the commoditization of agricultural activities coincide with the systematic easing of Brazilian environmental legislation and the creation of an environment of low effectiveness of governance of spaces that are vital to guarantee essential ecological processes to socio-environmental sustainability. The research that gave rise to the text is analytical. The method used is deductive, operationalized through theoretical research to direct and indirect bibliographic sources.

**Keywords:** Environmental Rule of Law; Governance; Socio-environmental Sustainability; Specially Protected Territorial Areas; Agriculture.

## 1. INTRODUÇÃO

Por permitir a associação de mecanismos estatais de controle e comando, pautados, via de regra, em princípios rígidos de previsão e aplicação, com instrumentos de soft law, que contemplam instrumentos jurídicos mais flexíveis, a governança vem se destacando na regulação de atividades econômicas que utilizam recursos naturais ou que, de qualquer forma, possam degradar a qualidade do meio ambiente.

Sujeitos do direito internacional e outras organizações, denominadas por teóricos das relações internacionais de atores não estatais, valem-se de dispositivos de governança para o tratamento de problemas ambientais transnacionais como a mudança climática, a poluição dos oceanos, o tráfico internacional de espécies e a perda da biodiversidade.

A governança ambiental interna tem na figura do Estado o grande protagonista, dado ser o principal responsável pela elaboração e execução de políticas constitucionais de proteção do meio ambiente.

Frente à perda de centralidade e às dificuldades apresentadas pelos Estados para “bem governar a casa”, alguns autores, inspirados nos influxos advindos do plano internacional, em especial das duas Declarações da Organização das Nações Unidas para o meio ambiente, desde a década de 1990, vêm articulando propostas de esverdeamento e ecologização do Estado, tornando-o assim mais apto ao enfrentamento dos desafios atuais, marcados, definitivamente, pela fluidez, incerteza e difusidade.

O Estado de Direito Ambiental, também designado de Estado Ecológico, é uma reformulação do Estado de Direito Social que, além de garantir o respeito a direitos individuais e sociais, assume o compromisso com a defesa do meio ambiente e da sadia qualidade de vida, por meio de práticas de governança mais abertas, participativas e comprometidas com a sustentabilidade socioambiental.

Tal modelo se contrapõe ao estado de mal-estar social, variável que emergiu com a instalação das políticas econômicas neoliberais, a partir da segunda metade da década de 1980.

Por ser um devir, a proposta instiga uma gama de investigações que vão desde suas bases epistemológicas, sociais, políticas e jurídicas até a sua instrumentalização. O presente ensaio analisa a desconstrução da proposta do Estado de Direito Ambiental via atividade legislativa que flexibiliza os comandos constitucionais de proteção do meio ambiente e seus atributos.

O trabalho verifica como, ao longo das duas últimas décadas, a expansão da fronteira agrícola brasileira deu à custa da diminuição da proteção aos espaços territoriais especialmente protegidos, fato que, além de configurar retrocesso ambiental, põe em xeque a capacidade de governança sustentável de tais porções geográficas pelo Estado.

A análise se centra, em um primeiro momento, na construção da proposta de governança sustentável por meio do Estado de Direito Ambiental e da sua materialização em comandos constitucionais de proteção dos espaços protegidos. Em seguida, o ensaio é dedicado à demonstração do desmantelamento da proposta pela implementação de uma agenda legislativa maleável, que acaba impondo sérias dificuldades para uma governança ambiental pautada na sustentabilidade.

## **2. GOVERNANÇA SUSTENTÁVEL NO ESTADO DE DIREITO AMBIENTAL**

O Estado de Direito Ambiental é definido pela International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016) como a aplicação do estado de direito a nível local, nacional, regional e internacional no contexto ambiental, baseado em elementos-chave de governança, que visam: i) desenvolver, promulgar e implementar leis, regulamentos e políticas claras, rigorosas, executáveis e eficazes que sejam administradas eficientemente por meio de processos justos e inclusivos para alcançar os mais altos padrões de qualidade ambiental a nível nacional, subnacional, regional e internacional; ii) assegurar o cumprimento efetivo das leis, regulamentos e políticas, e a efetivação de medidas adequadas de execução criminal, civil e administrativa e, ainda, de mecanismos de composição, adequados e imparciais, para a resolução de questões relacionadas ao meio ambiente e à sociobiodiversidade; iii) possibilitar o acesso à informação, a participação do público na tomada de decisões e o acesso à justiça e; iv) implementar auditorias e relatórios ambientais, juntamente com outros mecanismos eficazes de responsabilização, integridade e anticorrupção. (IUCN, 2016).

O Estado de Direito Ambiental torna a incolumidade do meio ambiente o critério e a meta procedimental de suas decisões e a sustenta na interlocução entre os órgãos estatais e o setor não estatal (KLOEPFER, 2016), em um contínuo exercício de abertura para a participação da sociedade.



Com fundamento legal na justiça ambiental e com base na responsabilidade ecológica, social e cultural para alcançar um futuro saudável, pacífico, inclusivo e sustentável, o Estado de Direito Ambiental procura estender à esfera ambiental os princípios e proteções processuais e substanciais consagrados no Estado de Direito, aliados a instituições fortes para o desenvolvimento, implementação e cumprimento de leis, regulamentos e políticas nos níveis nacional, subnacional, regional e internacional. (PEREIRA; BERGER, 2018, p. 640-641).

Dois vetores orientam sua atuação: a garantia da qualidade do meio ambiente, definido como bem autônomo, difuso e intergeracional e a prática decisória ecologizada, pautada na abertura democrática.

Essas diretrizes estão contempladas nos princípios da Declaração Mundial sobre o Estado de Direito Ambiental (World Declaration on the Environmental Rule of Law), redigida no Primeiro Congresso Mundial de Direito Ambiental, promovido por entidades ligadas ao judiciário brasileiro e pela IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza), no ano de 2016.<sup>2</sup>

2 A Declaração enumera 11 Princípios Fundamentais Gerais e Emergentes para Promover e Alcançar a Justiça Ambiental por meio do Direito Ambiental. O princípio um impõe a todas as pessoas, Estados e entidades privadas a responsabilidade universal de cuidar e promover o bem-estar de outras espécies e ecossistemas, independentemente do seu valor para os seres humanos, e de seu uso e exploração. Toda vida tem o direito inerente de existir. O segundo princípio da Declaração confere a todas as pessoas o direito à natureza como herança comum da humanidade, pois: “[...] a experimentação da natureza é vital para a saúde mental e física dos seres humanos e serve como catalisador para a apreciação da importância de ser protegida a base ambiental da qual depende a vida e o bem-estar humano.” A expressão “*in dubio pro natura*” traduz o conteúdo do terceiro princípio. Por força dele, em caso de dúvida, as questões devem ser resolvidas de forma a favorecer a proteção e a Conservação do meio ambiente, dando preferência a alternativas que sejam menos nocivas para o ambiente. O princípio impede, ainda, a execução de empreendimentos e ações humanas que apresentem potenciais impactos à qualidade ambiental desproporcionais aos benefícios sociais delas decorrentes. O princípio quatro determina a adoção de medidas legais e administrativas visando proteger e restaurar a integridade dos ecossistemas e reforçar a resiliência dos sistemas sócio-ecológicos. Na elaboração de legislação e de políticas públicas, a manutenção de uma biosfera saudável deve ser uma variável primordial. O quinto princípio preconiza, por um lado, o acesso justo e equitativo aos benefícios dos serviços ecossistêmicos e compartilhamento dos mesmos entre as pessoas das atuais gerações e, por outro, a repartição justa e equitativa dos encargos e externalidades da degradação ambiental. O princípio prevê que os recursos naturais sejam geridos a partir de critérios que garantam a sua utilização de forma mais econômica possível e a evitação de resíduos. Se o princípio cinco é dedicado à equidade intrageracional, o sexto trata da equidade intergeracional. A presente geração deve assegurar que a saúde, a diversidade e a produtividade do meio ambiente sejam mantidas ou restauradas para garantir acesso equitativo aos benefícios do ambiente às gerações vindouras. A equidade de gênero deve ser incorporada em todas as políticas, decisões e práticas do Estado de Direito Ambiental, determina o

O Estado de Direito Ambiental é o ente responsável pela governança sustentável do meio ambiente, que deve ser operacionalizada, segundo a IUCN (2016) a partir dos seguintes mecanismos: i) desenvolvimento, promulgação e implementação de leis, regulamentos e políticas claras, rigorosas, executáveis e eficazes que sejam administradas eficientemente por meio de processos justos e inclusivos para alcançar os mais altos padrões de qualidade ambiental a nível nacional, subnacional, regional e internacional; ii) cumprimento efetivo das leis, regulamentos e políticas, e a efetivação de medidas adequadas de execução criminal, civil e administrativa e, ainda, de mecanismos de composição, adequados e imparciais, para a resolução de questões relacionadas ao meio ambiente e à sociobiodiversidade; iii) acesso à informação, participação do público na tomada de decisões e acesso à justiça e; iv) implementação de auditorias e relatórios ambientais, juntamente com outros mecanismos eficazes de responsabilização, integridade e anticorrupção.

A governança ambiental no Brasil tem base constitucional. Além de inserir a variável ambiental como elemento a ser considerado na implementação das políticas constitucionais de desenvolvimento econômico e financeiro<sup>3</sup>, social, urbano<sup>4</sup> e rural<sup>5</sup>, a Constituição Federal de 1988, de forma inédita, dedicou um capítulo para tratar das diretrizes da política constitucional ambiental brasileira.

princípio de número sete. O princípio oito garante a participação de grupos minoritários e vulneráveis, no que diz respeito ao acesso à informação e a tomadas de decisão. Na mesma linha, o nono princípio assegura o respeito à cultura e à relação com a terra aos indígenas e comunidades tradicionais, garantindo-lhes, ainda, o direito à consulta e ao consentimento livre e prévio. O princípio dez proíbe a regressão e a diminuição da proteção jurídica do meio ambiente e assegura o acesso à justiça ambiental. E décimo primeiro princípio, por fim, impõe o dever aos Estados de rever e melhorar as leis e políticas públicas relacionadas com a conservação e proteção do meio ambiente, com base nos conhecimentos científicos mais recentes e na evolução das políticas. (PEREIRA; BERGER, 2018, p. 641-642).

3 Constituição Federal de 1988, artigo 170: “A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: [...]; defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; [...]”.

4 Constituição Federal de 1988, artigo 182: “A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”.

5 Constituição Federal de 1988, artigo 186: “A função social é cumprida quando a propriedade rural atende, simultaneamente, segundo critérios e graus de exigência estabelecidos em lei, aos seguintes requisitos: [...]; utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; [...]”.

Inspirado na Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, único dispositivo a compor o referido capítulo, pode ser melhor entendido se dividido em três partes: i) no caput, encontra-se a norma matriz, a síntese da vontade dos integrantes do poder constituinte originário a respeito do meio ambiente; ii) no parágrafo primeiro, os comandos de garantia e efetividade do direito à higidez ambiental e; iii) nos parágrafos segundo, terceiro, quarto, quinto, sexto as regras específicas que visam impor restrições e sanções mais sérias a atividades e empreendimentos que apresentam maior grau de impacto ou risco e, ainda, visam conferir maior tutela aos biomas mais importantes do território nacional. O parágrafo sétimo, incluído pela Emenda Constitucional 96/2017, objetiva possibilitar a utilização de animais para a realização de práticas desportivas, desde que sejam consideradas manifestações culturais e que atendam aos requisitos nele estabelecidos.

O núcleo central da governança ambiental brasileira se encontra no caput do artigo 225 da Constituição Federal de 1988. Da sua análise, infere-se que o legislador constituinte elevou o meio ambiente à categoria de direito fundamental indisponível, imprescritível e irrenunciável, cujos titulares são todos que compõem as presentes gerações, logo, trata-se de bem difuso – no sentido de pertencer a todos e a ninguém, ao mesmo tempo, ou no sentido de ser um bem ou interesse que difere do interesse público e do privado, constituindo um terceiro gênero – sendo que sua compreensão só é possível a partir da constatação de que se trata de um direito ínsito das sociedades que massificam a produção, o consumo, a informação, a publicidade e o risco. Além de ser um direito de todos, a higidez ambiental deve ser garantida para as futuras gerações.

O constituinte de 1988, além de elevar o meio ambiente a direito fundamental, condicionou o pleno gozo do direito à vida à higidez ambiental. A partir daí, a governança ambiental assume um compromisso com níveis adequados de preservação do meio ambiente – considerado em suas dimensões macro e micro conceituais – que permitam aos integrantes das atuais e futuras gerações gozarem de uma sadia qualidade de vida.

Por ser fundamental, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é de aplicabilidade imediata, ou seja, independentemente de qualquer regulamentação, vincula o Estado à sua defesa e preservação

– dever positivo, representado por verdadeiras obrigações de fazer – e impõe-lhe restrições à atuação como agente empreendedor – dever negativo, representado por obrigações de não fazer.

Apesar de impor ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o equilíbrio ecológico para as presentes e futuras gerações, decorrência da difusidade do direito à qualidade ambiental, que reclama a adoção de ações coletivas e individuais, a Constituição de 1988 atribui maior peso ao Estado na governança ambiental, enumerando uma série de imposições ao Poder Público para garantir o direito fundamental previsto no caput do artigo 225.

Tais imposições, denominadas de comandos dirigidos ao Estado, estão previstas no § 1º do artigo 225, segunde o qual, incumbe ao Estado: i) preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; ii) preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; iii) definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; iv) exigir, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; v) controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; vi) promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e conscientização pública para a preservação do meio ambiente; proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

Por fim, o artigo 225 da CF/88 elenca uma série de disposições especiais dirigidas a estabelecer parâmetros constitucionais aplicáveis a determinadas atividades em função de suas peculiaridades e a fundamentar questões centrais no direito ambiental brasileiro.

O § 2º determina àquele que explorar recursos minerais a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

O § 3º cria o sistema da tríplice responsabilização por dano ambiental. Segundo o dispositivo, as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. Regulamentam o presente parágrafo, a Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9605/98), a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6938/81) e o Decreto 6514/08, que dispõe sobre as infrações administrativas ambientais.

O § 4º eleva a Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira a patrimônio nacional, e determina que sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto aos recursos naturais.

O § 5º determina a indisponibilidade das terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

Por fim, o artigo 225, em seu § 6º, trata das usinas que operam com reatores nucleares, impondo que estas devam ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

Verifica-se, dessa forma, que a Constituição Federal adota um sistema de governança do meio ambiente baseada na multidimensionalidade de seu objeto de tutela e dos direitos que lhe são correlatos, na ação protetiva conjunta, a ser exercida pelo Estado e pelos cidadãos, e na definição de mecanismos e ações a serem implementados para que o equilíbrio ecológico seja assegurado intra e inter gerações.

Em outros termos, a carta política de 1988 conferiu base constitucional para a construção de um Estado Brasileiro de Direito Ambiental e o municiou de instrumentos de governança sustentável do meio ambiente.

E o Brasil não foi o único país a passar pelo duplo processo de constitucionalização do meio ambiente e ecologização da constituição.

Em 24 de janeiro de 2019, a Organização das Nações Unidas publicou o Environmental Rule of Law First Global Report. O relatório mostra que, desde 1972: i) 88 países adotaram o direito fundamental a um meio ambiente saudável, ii) 65 nações incorporaram a proteção ambiental em suas constituições; iii) mais de 350 cortes ambientais foram criadas e; iv) mais de 60 países passaram a contar com dispositivos legais sobre o direito dos cidadãos à informação ambiental. (ONU, 2019).

Muito embora a legislação ambiental, em nível mundial, tenha aumentado, desde 1972, 38 vezes, o relatório (ONU, 2019) indica uma generalizada incapacidade em criar e fazer cumprir as novas leis. O que dificulta demasiadamente a governança ambiental e representa um dos maiores desafios para mitigar a mudança do clima, reduzir a poluição e evitar a perda de espécies e habitats.

Tal deficiência decorre, principalmente da falta de implementação de agências e órgãos ambientais capazes de aplicar as leis e regulamentos de forma eficaz, muito embora a ajuda internacional tenha, de fato, auxiliado dezenas de países a assinar mais de 1,1 mil acordos ambientais, a partir de 1972, e a elaborar muitos dispositivos legais na área ambiental. (ONU, 2019).

A ONU (2019) identifica múltiplos fatores para a baixa implementação do Estado de Direito Ambiental, dentre os quais, merecem destaque: a falta de coordenação entre as agências governamentais; a fraca capacidade institucional; a falta de acesso à informação; a corrupção e o sufocamento do engajamento civil.<sup>6</sup>

Aos motivos elencados pela ONU para o atual quadro de baixa efetividade da governança sustentável do meio ambiente, deve-se, no caso do Brasil, acrescentar a crescente onda de flexibilização dos comandos constitucionais, via legislação infraconstitucional.

Para tratar desse fenômeno, utiliza-se o caso dos espaços territoriais especialmente protegidos, como exemplo.

---

<sup>6</sup> Entre 2002 e 2013, 908 pessoas – incluindo agentes florestais, inspetores governamentais e ativistas locais – foram mortos em 35 países e, só em 2017, 197 defensores ambientais foram assassinados. (ONU, 2019).

### 3. GOVERNANÇA SUSTENTÁVEL DOS ESPAÇOS TERRITORIAIS ESPECIALMENTE PROTEGIDOS E EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA

O adequado tratamento do tema do presente item requer a prévia definição da categoria governança sustentável. Para tanto, dois conceitos merecem maior atenção.

Iniciando-se pela sustentabilidade socioambiental, verifica-se ser inevitável a problematização, sob a ótica jurídica<sup>7</sup>, acerca do caráter intergeracional do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, dado o conteúdo retórico do conceito e a necessidade de, em exercício exegético, buscar-se o seu alcance.

Todas as gerações diferentes da espécie humana estão vinculadas com o meio e entre si, possuindo espaço igualitário na relação com os sistemas naturais, não havendo motivo para se concluir pela preferência das gerações atuais, na utilização dos recursos naturais, sobre as vindouras. Esta seria a base da teoria da equidade intergeracional que é direcionada por três princípios: i) princípio da conservação de opções – cada geração deve conservar a diversidade de recursos naturais e culturais sem comprometer a disponibilidade ou opções destes para os que a procederem; ii) princípio da conservação da qualidade – informa que a qualidade do planeta seja mantida pelas gerações atuais e que este seja legado nas mesmas condições em que foi recebido; iii) princípio da conservação do acesso – cada geração deveria possibilitar acesso igual a recursos ambientais aos seus membros e conservar o acesso às futuras gerações. (LEITE; AYALA, 2003, p. 248).

O conceito de equidade no acesso aos recursos naturais mostra-se especialmente problemático quando focado em função das necessidades das gerações futuras, pois demanda um enfoque que vai além da localização espacial dos atuais e futuros potenciais usuários. Para Machado (2002, p. 49), um posicionamento equânime não é fácil de ser encontrado, exigindo considerações de ordem ética, científica e econômica das gerações atuais e uma avaliação prospectiva das necessidades futuras, nem sempre possíveis de serem conhecidas e medidas no presente.

<sup>7</sup> Por questões metodológicas, a abordagem é restrita ao campo jurídico, posto que uma análise sobre aspectos econômicos, sociais e ecológicos da sustentabilidade demandaria um espaço maior do que o destinado ao presente ensaio.

Daly e Cobb (apud ROMEIRO, 2003, p. 15-16) observam: “[...] em cinco gerações cada membro da última será um descendente de 16 pessoas diferentes. Desse modo, não faz muito sentido alguém se preocupar e tomar alguma atitude em relação a deixar uma herança para descendentes longínquos (contendo apenas 1/16 de sua herança genética)”.

Tal constatação impõe sérios limites a teorias que, a partir de modelos de gerações entrelaçadas (*overlapping generations*), consideram que a convivência em cada momento de várias gerações (pais, filhos e netos) permitiria o estabelecimento de uma cadeia altruísta, na qual as gerações atuais, com base em um desprendimento filial, preservassem recursos naturais para as gerações vindouras. Além do que, as consequências dos problemas ambientais atuais atingirão gerações muito mais remotas. (ROMEIRO, 2003, p. 15).

Portanto, a sanidade ambiental para as futuras gerações, almejada pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e muitas outras, não pode estar alicerçada em possíveis desprendimentos voluntários das gerações atuais em favor de seus descendentes e sim, deve ser garantida por meio de políticas constitucionais de governança, baseadas em instrumentos de controle e comando, e na formação de uma consciência prospectiva através de ações culturais e educacionais.

Em relação ao segundo conceito, Poul F. Kjaer (2017, 177-179; 2010, 489-533), ao tratar da governança transnacional, adverte serem equivocadas as análises que atribuem ao enfraquecimento do papel dos Estados Modernos a razão primária da urgência de um constitucionalismo além Estado-nação. O aumento do número de Estados nos últimos 2 séculos e a relação mutualista entre as estruturas estatais e transnacionais de governança, decorrentes do colonialismo que acompanhou o surgimento e desenvolvimento dos Estados Modernos ou, atualmente, da integração a densas e crescentes redes de governança transnacionais, indicam que os dois modelos de governança não se excluem.

Superadas as questões incidentais e assumindo que, no âmbito interno, as diretrizes da governança estão guardadas nos textos constitucionais, é possível enumerar os indicadores do que se denomina governança sustentável do meio ambiente.

Benjamin (2015, p. 92-93) identifica elementos comuns em diversos modelos constitucionais ambientais, construídos entre as décadas de 1970 e 2000, que podem ser considerados os fundamentos jurídicos do direito ambiental e da governança sustentável.



Um estudo comparativo de Constituições que inseriram em seus textos o problema ambiental indica 5 características comuns:

- i) a adoção de um conceito sistêmico (orgânico ou holístico) e autônomo de meio ambiente, determinando um tratamento jurídico das partes (os elementos que compõem o meio ambiente) a partir do todo (o equilíbrio ecológico);
- ii) o compromisso ético de não empobrecer a Terra e a sua biodiversidade, por meio da manutenção do equilíbrio ecológico, da previsão de áreas protegidas, da proteção da integridade de biomas e ecossistemas, do reconhecimento do dever de recuperar o meio ambiente degradado etc.;
- iii) o estímulo à atualização do direito de propriedade, tornando-o mais receptivo à proteção do meio ambiente, através da institucionalização de novas técnicas de usufruição dos recursos ambientais que alteram o domínio direto de alguns recursos naturais e/ou mitigam os exageros degradadores do direito de propriedade;
- iv) a opção por processos decisórios abertos, transparentes, bem-informados e democráticos estruturado em torno de um devido processo ambiental e;
- v) a indicação no próprio texto constitucional de direitos e deveres relacionados à eficácia do direito ambiental e seus instrumentos de governança.

No caso do Brasil, tais mecanismos estão devidamente enumerados no parágrafo primeiro, do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 e são reforçados pelas disposições especiais, previstas entre os parágrafos segundo e sexto, do mesmo dispositivo constitucional, já devidamente descritos no presente ensaio, dentre os quais, destacam-se os espaços territoriais especialmente protegidos.

### **3.1 Tutela jurídica dos espaços territoriais especialmente protegidos no Brasil**

Espaços territoriais especialmente protegidos são porções ambientalmente estratégicas do território brasileiro, públicas ou privadas, objeto de proteção especial pelo poder público.

Os espaços territoriais especialmente protegidos são classificados em duas grandes categorias: i) os macrobiomas de interesse nacional: Floresta Amazônica Brasileira, Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal Mato-grossense e Zona Costeira e; ii) os microecossistemas de interesse regional ou local: unidades de conservação da natureza, áreas de preservação permanente e reservas legais.

Uma abordagem funcionalista sobre os espaços territoriais especialmente protegidos revela que eles desempenham papel estratégico na proteção do macrobem, dos microbens que o compõem, e dos processos ecológicos essenciais. Por isso, requerem sua sujeição, pela lei, a um regime de interesse público, através da limitação ou vedação do uso dos recursos ambientais da natureza pelas atividades econômicas. (MILARÉ, 2015, p. 358).

É inegável a importância dos grandes biomas brasileiros para a manutenção do equilíbrio ecológico mundial, todavia, por uma questão metodológica, privilegia-se, neste trabalho, os microecossistemas: as unidades de conservação, as áreas de preservação permanente e as reservas legais.

A Lei 9985/2000 define unidade de conservação como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. As unidades de conservação são classificadas em função da dominialidade, em públicas ou privadas; em função da intocabilidade, em de proteção integral<sup>8</sup> ou de uso sustentável e; em função do uso dos recursos contidos no seu interior, em unidades de conservação de uso direto ou de uso indireto.

Sob o ponto de vista da biologia da conservação, a principal função de uma unidade de conservação é manter a biodiversidade, entendida como “[...] a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e

8 As unidades de proteção integral objetivam preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na Lei. Elas se subdividem em: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e; Refúgio de Vida Silvestre. As unidades de uso sustentável, criadas com o objetivo básico de conjugar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, subdividem-se em: *Área de Proteção Ambiental*; *Área de Relevante Interesse Ecológico*; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e; Reserva Particular do Patrimônio Natural.

outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.” (Lei 9985/2000, artigo 2º, III).

Para tanto, uma governança sustentável dessa modalidade de espaço protegido deveria estar direcionada à neutralização ou, no mínimo, mitigação dos efeitos deletérios da sua fragmentação sobre as espécies, por meio da manutenção de uma população mínima viável existente em áreas dinâmicas mínimas, evitando, dessa forma, a perda da variabilidade genética e a ocorrência de vórtices de extinção. Tais objetivos seriam alcançados com a adoção de políticas constitucionais que conectassem as unidades de conservação através de corredores ecológicos e que diminuíssem os efeitos de borda, por meio de práticas que qualificassem, sob o ponto de vista ecológico, as zonas de amortecimento.

Área de preservação permanente é aquela porção de terra protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O artigo 4º, do Código Florestal Brasileiro (Lei 12651/2012) fixa as áreas de preservação permanente em função: i) da relevância para a preservação dos recursos hídricos; ii) da declividade do solo, ruptura do relevo e situação geográfica da área e; iii) da preservação a vida marítima. Já o artigo 6º da mesma lei permite que ato do chefe do poder executivo declare de preservação permanente, as áreas destinadas a: i) conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha; ii) proteger as restingas ou veredas; iii) proteger várzeas; iv) abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção; v) proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico; vi) formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; vii) assegurar condições de bem-estar público; viii) auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares; ix) proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Reserva legal é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

O percentual a ser observado a título de reserva legal varia de acordo com a localização geográfica da propriedade ou posse rural. O artigo 12 da Lei 12651/2012 define as seguintes delimitações: i) imóveis localizados na Amazônia Legal: a) 80%, no imóvel situado em área de florestas; b) 35%, no imóvel situado em área de cerrado; c) 20%, no imóvel situado em área de campos gerais; ii) imóveis localizados nas demais regiões do País: 20%.

Os regimes legais de proteção das áreas de preservação permanente e das reservas legais são diferentes. Via de regra, o Código Florestal Brasileiro (Lei 12651/2012) impõe a manutenção da vegetação situada em Área de Preservação Permanente. Além disso, o proprietário da área, possuidor ou ocupante é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados na lei, mesmo que não tenha dado causa à supressão. É permitida a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em área de preservação permanente somente em hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas no Código Florestal Brasileiro. A lei permite, ainda, o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.

A Reserva Legal deve ser conservada com cobertura de vegetação nativa, admitindo-se sua exploração econômica mediante manejo sustentável, desde que previamente aprovado pelo órgão competente por meio da adoção de práticas de exploração seletiva nas modalidades de manejo sustentável sem propósito comercial para consumo na propriedade e manejo sustentável para exploração florestal com propósito comercial.

Descurando-se de aspectos estruturais ligados à adoção de políticas constitucionais e ações administrativas que visam garantir a efetividade da legislação ambiental no Brasil, uma análise menos cuidadosa do aparato legal poderia revelar que este está, aparentemente, apto à proteção dos espaços territoriais especialmente protegidos. Todavia, sua atual conformação é resultado de duas décadas de intensas pressões por parte de grupos de interesse, alguns dos quais ligados ao agronegócio, que sistematicamente resultam em flexibilização legal e ineficiência governamental que impede que as funções de tais áreas sejam potencializadas e atualizadas, por meio de mecanismos de governança direcionados a adequar os níveis de resistência e resiliência da zona rural e das cidades para o melhor enfrentamento de novos problemas como, por exemplo,

os decorrentes das alterações que as mudanças climáticas estão impondo ao microclima.

Como se verificará no próximo item, sucessivas legislaturas de caráter conservador retiraram o Brasil da vanguarda em termos de legislação ambiental e a capacidade de governança prospectiva<sup>9</sup>, aberta para os problemas do futuro.

### **3.2 A governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos ante a flexibilização da legislação ambiental e a expansão da fronteira agrícola brasileira**

Por incrível que pareça, no ano de 1960, o Brasil importava milho, arroz, cereais e carne de frango. O cenário, todavia foi se alterando graças a fatores como: a implementação da técnica de calagem, que transformou o solo ácido do cerrado em terras aráveis; a tropicalização da soja, e a inoculação de bactérias na semente, para capturar nitrogênio do solo, que permitiu mais produção com menos fertilizantes; a diminuição do preço marginal da terra; a expansão da mecanização e a intensificação da utilização de técnicas de plantio direto, que contribuiu para a preservação dos recursos naturais e a melhoria na fertilidade do solo. A criação da Embrapa, em 1973, a organização do agronegócio intensivo em conhecimento e as inovações induzidas institucionalmente transformaram o Brasil em um grande exportador líquido de alimentos, de 1990 em diante, o que foi possibilitado, também, pela incorporação do bioma do Cerrado na produção e a aproximação das áreas de cultivo dos limites da região amazônica. Esta movimentação trouxe, por um lado, uma preocupação com relação à sustentabilidade ambiental, mas, por outro, sinalizou uma dinâmica renovada de crescimento, principalmente a partir de 2000. (IPEA, 2016).

A afirmação do Brasil como um dos grandes players mundiais no setor de alimentos importou no crescimento da área de uso agrícola. Freitas e Mendonça (2016) concluem que o crescimento médio anual da área destinada à colheita, entre os anos de 1994 a 2013, foi da ordem de

<sup>9</sup> Atribui-se ao termo prospectivo a significação conferida pelo IPEA (2017), segundo o qual, a prospectiva é a área que se propõe a estudar o futuro. Diferentemente da mera projeção, a prospectiva considera futuros alternativos e não trajetórias únicas. Seu objetivo não é acertar, mas influenciar uma direção futura. Para tanto, combina métodos quantitativos e qualitativos, projeções e modelos como ferramentas complementares.

1,76% ao ano. Segundo os autores, este percentual de longo prazo (duas décadas) está ligeiramente abaixo do crescimento anual médio de curto prazo (2008-2013), que foi da ordem de 2,05% ao ano, sinalizando possível fôlego recente do fenômeno. No caso da soja este valor foi de 5,06% ao ano. Ao mesmo tempo, o crescimento médio anual de área agrícola para plantio de soja entre 2008 e 2013 foi ainda mais expressivo, de 5,68% ao ano. De 1994 a 2013 a área destinada ao cultivo da soja no Brasil passou de 11.544.577 hectares para 27.948.605.

Ainda que se alegue que a expansão da fronteira agrícola se dá principalmente no Cerrado, na área de fronteira da Amazônia, principalmente, no Pará, Mato Grosso, Rondônia e Acre, é inegável que o crescimento aumentou a pressão sobre os recursos naturais e os espaços territoriais especialmente protegidos.

No campo político brasileiro, em especial no Congresso Nacional, articulam-se estratégias, a partir da década de 2000, com o intuito de viabilizar legalmente a expansão da fronteira agrícola, mesmo que à custa dos níveis de proteção ambiental, existentes, até então.

Com base no discurso retórico segundo o qual o Brasil é o País que possui o melhor índice de espaços protegidos, em hectares, levando em consideração as reservas indígenas, e que a governança destes espaços impõe uma série de restrições para a produção de produtos agrícolas – discurso que permeou as primeiras discussões sobre a necessidade de diminuir o tamanho dos espaços territoriais especialmente protegidos e flexibilizar a legislação ambiental e que continua em voga até o presente –, as bancadas parlamentares ligadas ao agronegócio se valeram e vêm se utilizando de dois grandes grupos de manobras para alcançar seu objetivo de aumentar a área agricultável no Brasil.

O primeiro grupo está relacionado à utilização de dois institutos jurídicos: o direito adquirido e o fato consumado. No segundo, incluem-se as tentativas de regularizar, via legislação, situações irregulares.

Direito adquirido é um direito fundamental, protegido constitucionalmente, conceituado pela Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro como aquele que o seu titular, ou alguém que por ele, possa exercer. Ou seja, é aquele direito definitivamente incorporado no patrimônio do seu titular, independentemente de ter sido exercido, ou não.

Respeita-se o direito adquirido em função da segurança que o direito deve garantir às relações jurídicas. Contudo, há uma grande divergência

na seara do direito ambiental sobre a pertinência de ser assegurado o direito adquirido, dadas as naturezas dos valores tutelados por esse ramo, que podem, na visão de renomados autores, ser contrapostos a interesses particulares, a qualquer momento.

Já o fato consumado, que não goza do mesmo status do direito adquirido, é fruto da inércia dos órgãos responsáveis pela governança ambiental. Sua aplicação leva à regularização de situações irregulares, em sua origem. Tal como o direito adquirido, há uma oscilação na aplicação da teoria do fato consumado pelos tribunais brasileiros.

Questões envolvendo a ocupação das matas ciliares (áreas de preservação permanente existentes ao longo dos corpos d'água) são riquíssimas para a demonstração da flexibilização da legislação protetora dos espaços territoriais especialmente protegidos, nas últimas décadas.

As áreas de preservação permanente foram regidas por 3 códigos florestais: os de 1934, de 1965 e 2012. Interessa o interregno de 1965 a 2012 e a menor metragem de mata ciliar prevista em cada um e nas leis que os modificaram. Em 1965, o Código Florestal previa uma área *non aedificandi* de 5m ao longo dos cursos d'água de até 10m de largura. EM 1986, o Código Florestal de 1965 foi alterado e a menor largura de área *non aedificandi* passou para 30m, de cada lado do curso d'água, medida que foi mantida pela Lei 7803/89, que promoveu novas mudanças no tamanho das áreas de preservação permanente e determinou que a área *non aedificandi* fosse medida a partir do nível mais alto do curso d'água.<sup>10</sup>

O Código Florestal de 2012 manteve a mesma metragem mas promoveu duas alterações sutis, porém significativas: determinou que a área de preservação permanente fosse medida desde a borda da calha do leito regular e permitiu a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em área de preservação permanente nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental.<sup>11</sup>

10 A Resolução 303/2002 do CONAMA define nível mais alto como aquele alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d'água *perene ou intermitente*.

11 Dentre as hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental o Código prevê: i) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária; ii) as obras de infraestrutura destinadas às concessões e aos serviços públicos de transporte; iii) a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais; iv) implantação de infraestrutura pública destinada a esportes, lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre em áreas urbanas e rurais consolidadas; v) abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões; vi) implantação de trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo.

Tais alterações, permitem que áreas onde ocorrem cheias sazonais, sejam utilizadas para fins de agricultura durante o período de seca e têm servido de base para os Tribunais permitirem a consolidação de construções irregulares em áreas de preservação permanente.

No segundo grupo, enquadram-se as práticas que consolidam situações irregulares por meio da lei. A permissão conferida pelo Código Florestal de 2012 para que, em imóveis rurais com até 15 módulos fiscais (1 módulo fiscal mede, em média, 20 hectares), a prática da aquicultura e a infraestrutura física diretamente a ela associada seja realizada nas áreas de preservação permanente é um bom exemplo.

#### 4. CONCLUSÃO

A tutela do meio ambiente conquistou importante posição na Constituição Federal brasileira de 1988, alcançando o status de direito fundamental a ser garantido, pelo Poder Público e pela sociedade, em prol das presentes e futuras gerações.

Contudo, a expansão da fronteira agrícola no Brasil vem impondo desafios para a governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos.

As informações constantes no Primeiro Relatório Global sobre o Estado de Direito Ambiental da ONU demonstram que apesar de um crescente número de países estarem se engajando na proteção do meio ambiente, números também apontam as dificuldades em efetivar essa tutela quando se toca em questões de cunho econômico e que interferem no livre mercado de determinados países.

Apesar de ter uma Constituição Federal com forte proteção ambiental, o Brasil se depara com uma expansão da fronteira agrícola nunca antes vivida na história do país, na qual a comoditização das atividades agropecuárias coincidem com a sistemática flexibilização da legislação ambiental, dismantelando aos poucos a efetividade da governança dos espaços vitais para a garantia dos processos ecológicos essenciais à sustentabilidade socioambiental. A proposta de Estado de Direito Ambiental, inaugurada na Constituição Federal brasileira de 1988, passa por um processo de desconstrução no tocante aos comandos de proteção do meio ambiente e de seus atributos.



Essa flexibilização dos preceitos constitucionais, capitaneada por legislações infraconstitucionais, pode vir a comprometer a equidade intergeracional, legando prejuízos irreversíveis as futuras gerações.

Por que e como manter a governança sustentável dos espaços territoriais especialmente protegidos diante da expansão da fronteira agrícola brasileira? Eis o desafio que se impõe.

## REFERÊNCIAS

- Benjamin, A. H. 2015. Direito constitucional ambiental brasileiro. In: Canotilho, J. J. G., Leite, J. R. M. (org.). *Direito constitucional ambiental brasileiro*. Rio de Janeiro: Saraiva, p. 57-130.
- Freitas, R. E., Mendonca, M. A. A. 2016. Expansão agrícola no Brasil e a participação da soja: 20 anos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 54, n. 3, p. 497-516.
- IPEA. 2016. *Texto para discussão: expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas*. Brasília: IPEA.
- IPEA. 2017. *Construção de cenários prospectivos: conceitos e resultados*. Brasília: IPEA.
- IUCN. 2016. *World Declaration on the Environmental Rule of Law*. Disponível em: <<http://iucnael2016.no/wp-content/uploads/2016/06/WORLD-DECLARATION-ON-THE-ENVIRONMENTAL-RULE-OF-LAW-Near-Final-Draft-.pdf>>. Acesso: dez. 2016.
- Kjaer, P. J. 2010. *La metamorfosis de la síntesis funcional: una perspectiva europeo-continental sobre governance, derecho y lo político en el espacio transnacional*. Disponível em: <[https://www.academia.edu/2105401/La\\_metamorfosis\\_de\\_la\\_s%C3%ADntesis\\_funcional.\\_Una\\_perspectiva\\_europeocontinental\\_sobre\\_governance\\_derecho\\_y\\_lo\\_pol%C3%ADtico\\_en\\_el\\_espacio\\_transnacional](https://www.academia.edu/2105401/La_metamorfosis_de_la_s%C3%ADntesis_funcional._Una_perspectiva_europeocontinental_sobre_governance_derecho_y_lo_pol%C3%ADtico_en_el_espacio_transnacional)>. Acesso: mar. 2010.
- Kjaer, P. J. 2017. A Função da Legitimação na Governança Transnacional. *RDU*, Porto Alegre, v. 14, n. 78, 177-196.
- Kloepfer, M. *A caminho do Estado Ambiental?* Disponível em: <[https://RBR709BR709&ion=1&espv=2&ie=UTFestado+de+direito+ambiental+kloepfer&\\*](https://RBR709BR709&ion=1&espv=2&ie=UTFestado+de+direito+ambiental+kloepfer&*)>. Acesso: dez. 2016.
- Leite, J. R. M., Ayala, P. A. 2003. Novas tendências e possibilidades do direito ambiental no Brasil. In: WOLKMER, A. C.; LEITE, J. R. M. (org.). *Os novos direitos no Brasil: natureza e perspectivas*. São Paulo: Saraiva, p. 181-292.

- Machado, P. *Direito ambiental brasileiro*. 2002. 10<sup>a</sup> ed. São Paulo: Malheiros.
- Milaré, É. 2015. *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Revista dos Tribunais.
- ONU. 2019. *Environmental Rule of Law: first global report*. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27279/Environmental\\_rule\\_of\\_law.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27279/Environmental_rule_of_law.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso: mar 2019.
- Pereira, R., Berger, M. 2018. A concretização do estado de direito ambiental segundo a proposta da União Internacional para Conservação da Natureza: limites e possibilidades. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 2018, p. 639-670.
- Romeiro, A. 2003. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May, P. H., Lustosa, M. C., Vinha, V. (org). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 1-29.



# Planes institucionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la Política Nacional y en la Ley Marco de Cambio Climático en Guatemala

Carlos Roberto López Mendizábal<sup>1</sup>

## Introducción / Antecedentes

Guatemala es un país vulnerable ante el cambio climático. Existen registros del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala<sup>2</sup> que evidencian que desde hace cuarenta años la temperatura ha aumentado cerca de 1 °C y que la temporada de lluvias, de mayo a octubre, cada año es más intensa en la Costa Sur del país, ocasionando fatales inundaciones y caos repentinos que ameritan recurrentemente que la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) active las alertas amarillas, naranja y roja, para la prevención de desastres y para la disminución de sus devastadores impactos. En contraste, la zona oriental del país, especialmente en el denominado Corredor Seco, en los departamentos de Zacapa y Chiquimula, las lluvias que otrora se presentaban en el mes de mayo, obligan a los campesinos a correr el calendario

---

1 **Carlos Roberto López Mendizábal:** catedrático universitario en Guatemala, graduado de tres licenciaturas: en Educación, en Administración de Empresas, y en Contaduría Pública y Auditoría. Posee tres postgrados: en Reingeniería y Tecnologías de Aseguramiento; Especialista en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA); y como Experto Universitario en Contaduría Pública y Auditoría. Maestro y doctor en administración pública y políticas públicas. Ha participado como ponente en siete congresos virtuales organizados por la Universidad de Málaga, España y el Grupo Eumed, en temas económicos, sociales, de desarrollo, ambientales y educativos. Es procurador ambiental por la Universidad Rural de Guatemala, y miembro activo de la Fundación Guatemalteca para la Salud y la Educación (FUNSALUD), con sede en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

2 Creado por Acuerdo Gubernativo 263-76 del 26 de marzo de 1976.

agrícola al prolongarse la temporada seca, hasta los meses de junio y julio, lo que trae como cauda el riesgo en la seguridad alimentaria de todo el país, y de la profundización de la pobreza y de la extrema pobreza en esas regiones.

Los más graves son los eventos hidrometeorológicos de gran intensidad que han dejado desolación, dolor, muerte y millonarias pérdidas económicas, como las del huracán Mitch, del 22 de octubre al 5 de noviembre de 1998 que provocó más de 11,000 muertes en Guatemala y Centro América y daños por más de un millardo de dólares estadounidenses; las destrucciones materiales por un monto similar, en la Costa del Océano Atlántico de Centro América, de la pérdida de 1,620 vidas humanas de la tormenta tropical Stan en octubre de 2005; y la tormenta tropical Agatha en el Océano Pacífico, en mayo de 2010 que causó, según cifras oficiales de CONRED, el fallecimiento de 165 personas, 78 desaparecidas y 162,857 afectados y casi dos millardos de dólares estadounidenses en pérdidas.

Asimismo, la severidad de la sequía del año 2001, con déficits del 40% de lluvias inferiores a lo normal en Guatemala y Centro América, según la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), afectando directamente a 600,000 personas e indirectamente al 70% de la población centroamericana, con pérdidas por US\$ 189 millones en la región. Pero lo más grave, como documentó la CEPAL, fueron “los impactos que incluyeron pérdida de cultivos de la primera siembra en junio y julio, reducción del agua disponible para el riego, la generación eléctrica, la acuicultura, el abastecimiento humano y animal y aumento en las enfermedades de origen hídrico” (Ramírez). Lamentables y costosas pérdidas que cada vez con mayor frecuencia e intensidad enfrenta Guatemala, a pesar de que como país aporta de manera poco significativa a la emisión global de gases de efecto invernadero, que al recibir esos efectos adversos, debe soportar una “carga anormal y desproporcionada” (Congreso de la República de Guatemala, 2013) que en el Índice de Riesgo Climático Global 2012, clasificó como el segundo país en todo el mundo más afectado por los efectos perjudiciales del cambio climático, principalmente por la fuerza devastadora de los huracanes (Harmerlin, 2012).

Como bien lo enfatiza el ex ministro de ambiente y recursos naturales de Guatemala, Luis Alberto Ferraté Felice, “el cambio climático no se limita al aumento de la incidencia e intensidad de los fenómenos

hidrometeorológicos. Se refleja en el aumento de enfermedades, en la disminución de la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, en la reducción de la producción de alimentos y su calidad, y en los impactos en la infraestructura básica y de servicios, ocasionando serios impactos económicos y socioambientales” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2009).

Sin embargo, el cambio climático tiene primordialmente origen antropogénico, puesto que “existen evidencias científicas de que los cambios en el clima han sido ocasionados por el exceso de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la quema de combustibles fósiles, así como de la ganadería y el desmedido uso de fertilizantes para la agricultura” (Climático, 2019).

Por estas razones, Guatemala se ha adscrito, junto a otros 196 países, a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, o la Convención), que reconoce al cambio climático como un problema real y lo define en el segundo párrafo del artículo 1, como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992).

Como los fenómenos de la naturaleza son holísticos y sistémicos, al estar interrelacionados con las actividades humanas, acarrear efectos adversos en el medio ambiente físico, que la Convención los califica “nocivos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos” (op. cit., párrafo 1) al mejor talante de la metáfora del vuelo de la mariposa<sup>3</sup>. Por lo que la misma Convención reconoce que para el cambio climático y las medidas necesarias para hacerle frente, éstas se justifican económicamente por sí mismas, y además pueden ayudar a resolver otros problemas ambientales alcanzando

3 “El Efecto Mariposa es la ley de la influencia sutil. Es la metáfora del poder de las alas de una mariposa que puede percibirse al otro lado del mundo. El humilde aleteo de una mariposa en, por ejemplo, los bosques de Cleveland, Ohio, Estados Unidos, tiene efectos positivos o negativos, en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, Guatemala. Así se explica esta teoría en la cual una mínima variación en las condiciones iniciales de un sistema puede acarrear consecuencias imprevisibles. ... El Efecto Mariposa es el secreto de lo pequeño, amplificado” (López Mendizábal, 2014).

“su máxima eficacia en los planos ambiental, social y económico si se basan en las consideraciones pertinentes de orden científico, técnico y económico” (op. cit. considerando 3). Por lo consiguiente en países en desarrollo como Guatemala, las respuestas al cambio climático, señala la Convención, deben coordinarse de manera integrada con el desarrollo social y económico, porque sus habitantes tienen necesidades prioritarias legítimas para lograr un crecimiento económico sostenido y la erradicación de la pobreza (op. cit.).

De esa cuenta, la Convención plantea lograr de manera armónica su objetivo último relacionado con la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, y propone que ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (op. cit. artículo 2).

No obstante, es necesario enfatizar que la naturaleza y profundidad de los compromisos de los países en desarrollo y de los países que están en proceso de transición a una economía de mercado, son diferentes a los de los países en desarrollo como Guatemala. Puesto que los primeros se comprometieron en 1997, en la adición a la Convención del Protocolo de Kioto, a cumplir la obligación de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, con un calendario de cumplimiento. Guatemala no tiene esa obligación implícita con tiempos y porcentajes, porque el desarrollo económico y social y la erradicación de la pobreza son las prioridades primeras y esenciales para los países en desarrollo (op. cit., numeral 7, artículo 4). Sin embargo al ser “Parte en la Convención”, en el cumplimiento de sus compromisos, el país ha diseñado planes institucionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tanto a nivel de gobierno nacional como en los gobiernos locales o municipalidades, en el marco de la Política Nacional de Cambio Climático. Del análisis de los compromisos y obligaciones en dichos planes institucionales, especialmente municipales, trata el presente artículo.

## 1. Legislación ambiental nacional e internacional de Guatemala

La legislación ambiental nacional e internacional que ha servido de base para que el gobierno central y los gobiernos locales (municipalidades) elaboren e implementen sus planes institucionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, alineados al Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, se enumera a continuación:

- **Constitución Política de la República de Guatemala**, artículos: 1, 2, 44, 46, 64, 80, 97, 118, 119 literales c) y d), 121, 125, 126, 128, 183 literales a), e), m) y n), 194 literales a), d), f), g), e i).
- **Convención Para la Protección de la Capa de Ozono**, suscrita en Viena, Austria el 22 de marzo de 1985, aprobada a través del Decreto 39-87 del Congreso de la República de Guatemala, de fecha 8 de julio de 1987, ratificada el 10/07/1988, artículos: 2,3, 4 y 5.
- **Protocolo Relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono**, suscrito en Montreal, Canadá el 16 de septiembre de 1987, aprobado por el Decreto número 34-89, del 5 de julio de 1989, preámbulo y artículos: 2, 3, 4, 5, 9, 10 y 11.
- **Convenio sobre la Diversidad Biológica**, suscrito en Río de Janeiro, Brasil el 5 de junio de 1992, aprobado por el Decreto número 5-95 del Congreso de la República de Guatemala, de fecha 21 de febrero de 1995 y ratificado el 14 de junio de 1995, artículos: 1, 3, 6, 7, 8, 10 y 13.
- **Convenio Marco sobre el Cambio Climático**, suscrito en Nueva York, el 9 de mayo de 1992, aprobado por el Decreto 15-95 del Congreso de la República de Guatemala, del 28 de marzo de 1995 y ratificado el 3 de agosto de 1995, artículos: 2, 3, 4 (numerales 1,7, 8, 9, 10), y 6.
- **Convenio Centroamericano Sobre Cambios Climáticos**, suscrito el 29 de octubre de 1993, aprobado por el Decreto número 30-95 del Congreso de la República de Guatemala, el 26 de abril de 1995,

ratificado el 7 de febrero de 1996, artículos: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 21, 22 y 23.

- **El Convenio de las Naciones Unidas de lucha Contra la Desertificación en Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación en Particular en África**, suscrito en París, Francia el 14 de octubre de 1994, aprobado por el Decreto número 13-98 del Congreso de la República de Guatemala, el 25 de febrero de 1998 y ratificado el 27 de agosto de 1998, artículos: 2, 3, 4, 5, 8, 19 y Artículos del 1 al 7 del anexo III.
- **El Protocolo de Kyoto a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático**, suscrito en Kioto, Japón el 11 de diciembre de 1997, aprobado por medio del Decreto número 23-99 del Congreso de la República de Guatemala, del 16 de junio 1999, artículos: 11 y 12.
- **Convenio de Estocolmo Sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes**, suscrito el 22 de mayo del 2001, aprobado por medio del Decreto número 60-2007 del Congreso de la República de Guatemala, el 13 de diciembre de 2007, preámbulo y artículos: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 13.
- **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**, Decreto número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 1, 2, 4, 5, 11 y 12.
- **Código de Salud**, contenido en el Decreto número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 32, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 52, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 87, 90, 92, 93, 94, 102, 103, 104, 106, 107, 108.
- **Ley del Organismo Ejecutivo**, Decreto número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 2, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 20, 23, 27 literales a), b), c), e), f), j), k) y 29 bis literal a).
- **Ley de Áreas Protegidas**, contenida en el Decreto número 4-89 del Congreso de la República de **Ley de Áreas Protegidas**, contenida en



el Decreto 4-89 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 1, 3, 5, 6, 7, 23, 33 y 75.

- **Ley Forestal**, contenida en el Decreto número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 46 y 47.
- **Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable**, contenida en el Decreto número 52-2003 del Congreso de la República de Guatemala, artículos: 1, 2, 3, y 5.
- **Decreto 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala**, del 30 de noviembre del 2000, el cual crea el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales e introduce reformas a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, artículos del 1 al 5 y del 8 al 12.
- **Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas**, contenido en el Acuerdo Gubernativo número 759-90, del 22 de agosto de 1990.
- **Reglamento de la Ley Forestal**, contenido en la resolución 4.23.97 de la Junta Directiva del Instituto Nacional de Bosques (INAB).
- **Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales**, contenido en el Acuerdo Gubernativo número 186-2001, del 29 de mayo del 2001, artículos: 1, 2, 3 literales a), b), d), e) y h), 5, 7, 8, 10, 11, 28 y 31.
- **Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental**, contenido en el Acuerdo Gubernativo número 431-2007, de fecha 17 de septiembre de 1997, artículos: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 20, 52, 53, 54, 55, 56, 72, 73, 74, 96 y 97.
- **Acuerdo Gubernativo número 109-96** del 12 de diciembre de 1996, por medio del cual se crea la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED).
- **Acuerdo Gubernativo número 63-2001** del 18 de febrero del 2001, mismo que contiene la creación del Sistema de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF).

- **Acuerdo Gubernativo número 388-2005**, en el cual se designa al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como autoridad nacional designada para el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.
- **Acuerdo Ministerial número 134-2003**, por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, crea la Unidad de Cambio Climático.
- **Acuerdo Ministerial número 239-2005**, por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, crea la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas.
- **Acuerdo Ministerial número 427-2005**, por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, crea la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio.
- **Acuerdo Ministerial número 362-2007**, por medio del cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, crea la Unidad de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

## 2. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue adoptada en la ciudad de Nueva York el 9 de mayo de 1992 y está en vigencia desde el 21 de marzo de 1994, y que fue aprobada por medio del Decreto número 15-95 del Congreso de la República de Guatemala, el 28 de marzo de 1995, y ratificada el 3 de agosto de 1995. Sin embargo tres años después de la adopción de la Convención, el 11 de diciembre de 1997, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, IPCC, por sus siglas en inglés, en su Segundo Informe de Evaluación, concluyó que el cambio climático ya era un hecho por causa de las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que los gobiernos acordaron incorporar a la Convención, el Protocolo de Kyoto, que entró en vigor desde el 16 de febrero de 2005, y que fue aprobado por medio del Decreto número 23-99 del Congreso de la República de Guatemala, el 16 de junio de 1999.

El Protocolo de Kioto contiene medidas más potentes para hacer jurídicamente vinculante a la Convención, que le permita lograr su principal objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados” (op. cit., párrafo 4) causantes del calentamiento global, en al menos el 5%, durante el período de 2008 a 2012<sup>4</sup>, en relación con los niveles de las emisiones de 1990, por ser “componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja” (op. cit., párrafo 5), y que mencionados en el Anexo A del Protocolo: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); y los gases industriales fluorados: los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PF) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (Naciones Unidas, 1998).

Esta reducción del efecto invernadero, permitirá disminuir los efectos perniciosos del cambio climático antropogénico, porque al no tomarse ninguna medida correctiva a nivel mundial, aumentaría hasta final del siglo XXI, la temperatura atmosférica media de superficie (calentamiento global) entre 1.4 y 5.8 °C. Por ello, el compromiso de los países adheridos a la Convención es contribuir a la estabilización del aumento en la temperatura a no más de 1.5 °C para finales del siglo, primordialmente de los países desarrollados, que históricamente son en el mundo los mayores originadores de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El protocolo tomó en consideración que las emisiones *per cápita* en los países en desarrollo, como Guatemala, son todavía relativamente reducidas, por lo que es un hecho que la proporción del total de emisiones originada en estos países aumentará para permitirles satisfacer sus necesidades sociales y de desarrollo.

En el Anexo A del Protocolo de Kioto (op. cit.), también se enumeran los sectores o categorías de fuentes que generan la emisión de los seis anteriormente mencionados gases de efecto invernadero, y que son actividades humanas que se realizan en todos los países llamados partes o miembros de la CMNUCC, tanto en los países industrializados, en los países en transición a una economía de mercado, y en los países en desarrollo:

4 Conocido como Primer Período de Compromiso del Protocolo de Kioto.

1. Por la generación de energía, primeramente con la quema de combustible en las industrias de energía, las industrias manufactureras y de la construcción, el transporte y otros sectores. Luego, con las emisiones fugitivas de combustibles en: los combustibles sólidos, el petróleo y gas natural, y otros.
2. En los procesos industriales de productos minerales, de la industria química, en la producción de metales, la producción de halocarbonos y de hexafluoruro de azufre, el consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre, y otros.
3. Por la utilización de disolventes y otros productos.
4. En la agricultura, por la fermentación entérica, en el aprovechamiento del estiércol, en el cultivo del arroz, en los suelos agrícolas, por la quema prescrita de sabanas, por la quema en el campo de residuos agrícolas, y otros.

También en el Anexo el protocolo, advierte que los desechos son fuente de emisión de los seis gases de efecto invernadero, derivados de la eliminación de desechos sólidos en la tierra, el tratamiento de aguas residuales, la incineración de desechos, y otros.

### **3. Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero**

La Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Ley Marco de Cambio Climático), Decreto número 7-2013 del Congreso de la República, tiene como propósito establecer las regulaciones necesarias para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en el país. Es de observancia general en todo el territorio de la República, siendo de cumplimiento obligatorio para todos sus habitantes, entidades públicas, autónomas y descentralizadas.

### 3.1 Principios rectores de la Ley Marco de Cambio Climático

Además de los principios contenidos en la Constitución Política de la República de Guatemala y tratados internacionales ratificados por el Estado de Guatemala en materia ambiental, los siguientes constituyen los principios rectores de la Ley Marco de Cambio Climático, enunciado en el artículo 6, que deben ser observados por todos los entes al momento de tomar decisiones y actuar en sus respectivos ámbitos de competencia:

- ***In dubio pro natura:*** Principio de acción en beneficio del ambiente y naturaleza que obliga a que ante la duda que una acción u omisión pueda afectar el ambiente o los recursos naturales, las decisiones que se tomen deben ser en el sentido de protegerlos.
- **Precaución:** Se tomarán medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos. Cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas.
- **Quien contamina paga y rehabilita:** Principio que obliga a que una vez establecido el daño causado, el responsable está obligado a resarcirlo. La persona individual o jurídica responsable de la contaminación está obligada a cargar con los costos del resarcimiento y la rehabilitación, teniendo en cuenta el interés público.
- **Integralidad:** Considera la pertinencia cultural y étnica, así como la perspectiva de género, en el diseño de planes, programas y acciones.
- **Identidad cultural:** Identifica y promueve las prácticas tradicionales y ancestrales para el uso y manejo que los recursos naturales que son apropiadas y que contribuyen a la adaptación, a los impactos del cambio climático y a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Capacidad de soporte:** No se debe sobrepasar los límites de la capacidad de carga de los ecosistemas.

- **Participación:** Se debe incluir la participación más amplia de ciudadanos y organizaciones, incluyendo la de los distintos pueblos en el diseño y planes, programas y acciones en el tema de cambio climático.

### 3.2 Obligaciones del gobierno

Todas las entidades del sector público dedicadas al estudio, investigación y aplicación científica y tecnológica, diseñarán e implementarán planes, programas, proyectos, acciones y actividades para mejorar la gestión del riesgo, reducir la vulnerabilidad, mejorar la adaptación y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Educación y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT- desarrollarán líneas de investigación específicas en temas de cambio climático.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales fortalecerá sus capacidades interinstitucionales para la investigación, la medición y monitoreo de las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) y otros aspectos asociados al cambio climático. Además deberá responder por el inventario nacional de GEI y el desarrollo de escenarios de cambio climático.

El Consejo Nacional de Cambio Climático deberá velar por la regulación, la supervisión de la implementación de acciones y resolución de conflictos, para dar seguimiento a la puesta en ejecución de las acciones derivadas de esta ley, incluyendo la política nacional de cambio climático, el fondo de cambio climático, las estrategias y los planes y programas de acción en mitigación (reducción de emisiones) y la adaptación a los impactos del cambio climático.

El sistema de monitoreo, evaluación y vigilancia para el cumplimiento de la Ley Marco de Cambio Climático, corresponde al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

### 3.3 Disposiciones financieras

La Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) y el Ministerio de Finanzas Públicas darán prioridad a la asignación de recursos económicos a las entidades del gobierno que formulen

sus planes, programas y proyectos según lo establecido en la Ley Marco de Cambio Climático. Sin embargo, todas las instituciones públicas que tengan funciones asignadas en la Ley deberán asignar dentro de su presupuesto los recursos necesarios para el cumplimiento de las mismas.

La Ley Marco de Cambio Climático crea el Fondo Nacional de Cambio Climático (FONCC), a cargo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, con el objetivo de financiar planes, programas y proyectos de gestión de riesgo, reducción de la vulnerabilidad, la adaptación forzosa y la mitigación obligada, así como el mejoramiento de las capacidades nacionales frente al cambio climático, el pago por servicios naturales por fijación de carbono, producción y protección de agua, protección de ecosistemas, belleza escénica y otros.

Constituyen fuentes de financiamiento del FONCC las asignaciones siguientes:

1. Los ingresos provenientes de títulos o valores que se reciban por concepto de mitigación y adaptación al cambio climático.
2. El pago de las compensaciones por las emisiones de gases de efecto invernadero, que sean requeridas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, según la normativa que para el efecto de esta Ley se emita.
3. Los fondos provenientes de las negociaciones de Canje por Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.
4. Los fondos provenientes de la cooperación nacional o internacional reembolsable o no, monetaria o en especie que se dirijan al cumplimiento del objetivo del Fondo Nacional de Cambio Climático.
5. Un aporte que será determinado en el Presupuesto de Ingresos y Egresos del Estado en forma anual y que no podrá ser transferido.
6. Otros ingresos no especificados y que no contradigan la legislación guatemalteca, así como aquellas que considere el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con las instancias competentes.

Los incisos 1) y 5) se deberán sujetar únicamente a los proyectos propiedad del Estado de Guatemala y deben ser precisos en omitir cualquier ingreso de proyectos privados.

### **3.4 Reducción y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero**

Primeramente la Ley Marco de Cambio Climático contempla en el artículo 18 el Plan Nacional de Energía, asignándole al Ministerio de Energía y Minas (MEM), en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y con la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, la elaboración del Plan Nacional de Energía para la Producción y el Consumo basado en el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, la promoción de tecnologías para la eficiencia y el ahorro energético y la reducción de gases de efecto invernadero.

### **3.5 Compensación de emisiones**

La Ley Marco de Cambio Climático señala en el artículo 19 que cuando las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la quema de combustibles fósiles, sean mayores que las que se producirían si fue-re hecho por combustibles no fósiles, se deberán compensar mediante el desarrollo de proyectos y actividades que reduzcan o absorban dichas emisiones.

Para ello el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales desarrollará un programa de incentivos que motive actividades voluntarias de reducción o absorción de emisiones de gases de efecto invernadero, y elaborará la reglamentación correspondiente.

### **3.6 Reducción de Emisiones por Cambio de Uso de la Tierra**

Para el desarrollo y aprovechamiento sostenible y la gestión de los recursos forestales, incluyendo la promoción de servicios ambientales que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero y la conservación de los ecosistemas forestales, la Ley Marco de Cambio Climático dispone en el artículo 20, que el Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Ministerio de



Agricultura, Ganadería y Alimentación, en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, deben ajustar y diseñar sus políticas, estrategias, programas, planes y proyectos.

### **3.7 El transporte público y privado y su integración a la mitigación de gases de efecto invernadero**

Como el transporte público y privado es en los países en desarrollo uno de los principales generadores de gases de efecto invernadero, la Ley Marco de Cambio Climático dispuso en el artículo 21 que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, junto al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, emitieran la normativa que regula las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte público, colectivo e individual, con un programa de incentivos fiscales y subsidios enfocado en el uso de energías limpias para el transporte público y privado

### **3.8 Mercados de carbono**

Una novedad plasmada en la Ley Marco de Cambio Climático es la relativa a los mercados voluntarios y regulados de carbono, que en el artículo 22 les da acceso a las actividades y proyectos que generen certificados de remociones o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como a otros mecanismos bilaterales y multilaterales de compensación y pago por servicios ambientales.

## **4. Política Nacional de Cambio Climático de Guatemala**

La Política Nacional de Cambio Climático de Guatemala, constituye un instrumento legal plasmado en el Acuerdo Gubernativo 329-2009. No es un documento aislado que aboga en un compartimiento estanco por una monotemática, sino que en un enfoque integrador y complementario, tiene como fin último contribuir, inicialmente, al cumplimiento de los Objetivos del Milenio; ahora, a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, con énfasis en la reducción de la pobreza. Por lo que va dirigida al Desarrollo Humano Transgeneracional (DHT) y a la erradicación de la pobreza (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2009), a través de:

- Mejorar la calidad de vida de la población en el contexto del Cambio Climático global a través del ejercicio de sus competencias ambientales.
- Promover cambios de actitudes y comportamientos para proteger y enriquecer el ambiente construyendo una bioética nacional.
- Impulsar la responsabilidad socio-ambiental de todos los sectores.
- Asegurar el uso de bienes y servicios ambientales para usos multifinalitarios.
- Promover la conservación y fortalecimiento del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP)

Los alcances de la política son amplios porque incluyen:

- La reducción de la vulnerabilidad del país a los eventos climatológicos extremos.
- El reforzamiento de la capacidad de adaptación.
- La contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- El aprovechamiento de los mercados de carbono.

Esta amplitud obedece a que, según estudios científicos, los efectos del cambio climático para Guatemala, presentan grandes desafíos, que figuran tanto en la política (op. cit.), como en la Ley Marco de Cambio Climático, que en el Cuarto Considerando (Congreso de la República de Guatemala, 2013) lista los efectos que para el país, tiene el cambio climático:

- La reducción de la disponibilidad, calidad y el agotamiento de las fuentes de agua.
- La incidencia y cambios en la distribución geográfica y temporal de plagas, vectores, comensales, depredadores y enfermedades.

- Las modificaciones espaciales en las zonas de vida y en las condiciones climatológicas normales.
- Las alteraciones y bloqueos en la cadena trófica en los sistemas terrestres y marino-costeros.
- El aumento de incendios forestales debido a las sequías.
- La destrucción de infraestructura debido a inundaciones y deslaves.
- La pérdida de cosechas y aumento de la inseguridad alimentaria.
- La pérdida de espacios naturales y hábitat.
- Los impactos socioambientales y económicos, principalmente en los sectores agrícola y ganadero, por la reducción de la calidad del suelo; y en el sector pesquero.

Es importante resaltar que la actual Política Nacional de Cambio Climático de Guatemala, tuvo como antecesora, desde hace una década, a la Política Nacional de Cambio Climático de septiembre de 2009, que fue aprobada por Acuerdo Gubernativo 329-2009, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la cual era operativizada por un plan denominado, Plan de Acción Inmediata, que contenía la alineación para la implementación de los compromisos establecidos en la actual Ley Marco de Cambio Climático, decreto 7-2013 del Congreso de la República, el cual ya fue sustituido por el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), desde octubre de 2016, el que fue elaborado por la Comisión Nacional de Cambio Climático, siempre con la rectoría del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Lo anterior debido a que en respuesta al mandato contenido en la Ley Marco de Cambio Climático, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, con el respaldo de la Presidencia de la República de Guatemala, convocó a sus dependencias especializadas para iniciar el proceso de identificación de los principales instrumentos técnicos y legales, herramientas técnicas y administrativas, y componentes tecnológicos y científicos, con la finalidad de definir las acciones más inmediatas

que puedan estar contenidas en un plan de corto plazo, que permitiera al MARN en su calidad de Secretaría del Consejo Nacional de Cambio Climático, buscar apoyo en las diferentes instancias de gobierno, organismos no gubernamentales, universidades, cooperantes y representantes de los diferentes sectores del país, para identificar y desarrollar los mecanismos que permitan el arranque del accionar que la Ley demanda.

## **5. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) y los planes institucionales de reducción de emisiones en Guatemala**

Como quedó apuntado, el PANCC fue elaborado por la Comisión Nacional de Cambio Climático, en octubre de 2016, y está diseñado para que operative el decreto 7-2013 con “**Planes de Acciones Institucionales**”, que a su vez contienen:

- Objetivos.
- Resultados.
- Indicadores del resultado.
- Metas.
- Acciones.

Es oportuno recordar que en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) celebrada en París, Francia, del 30 de noviembre al 12 de diciembre de 2015, realizada simultáneamente con la 11ª sesión de la Conferencia de las Partes en Ciudad de Kioto (COP-MOP 11), terminó con la adopción del Acuerdo de París, que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020, que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático. Se acordó que todos los países que forman parte de la Convención están obligados a mitigar sus GEI, incluyendo a los países en vías de desarrollo, tomando en cuenta las diferentes realidades de los países.

Por lo anterior y para responder a los compromisos que ha adquirido en la Convención, Guatemala cuenta con un andamiaje jurídico pertinente y contextualizado a la realidad del país que tiene en la cúspide la Constitución Política de la República, específicamente los artículos arriba mencionados; juntamente con los diferentes convenios que en materia de ambiente han sido suscritos y ratificados por el Estado de Guatemala; siguiendo con la ley especial, Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, que desarrolla con profundidad y detalle, lo que en su oportunidad se planteó en la ley general, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. De la misma manera en la última década se ha venido fortaleciendo la institucionalidad que maneja el tema a través del Consejo Nacional sobre Cambio Climático, bajo la rectoría del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como garante de la gestión ambiental a nivel nacional.

Por lo tanto, los anteriores instrumentos jurídicos se operacionalizan en el Plan de Acción Nacional sobre Cambio Climático, que a su vez tiene el soporte del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático, en armonía con los compromisos que debe llevar a la práctica Guatemala, clasificada según el párrafo 8 del artículo 4 de la Convención, como país en desarrollo cuya economía es vulnerable a los efectos adversos de las medidas de respuesta a los cambios climáticos, de conformidad con el artículo 11 de la Ley Marco de Cambio Climático que le otorga el mandato al Consejo Nacional de Cambio Climático y a la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), para que elaboren conjuntamente dicho Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.

### **5.1 Ordenamiento territorial para la adaptación y mitigación del cambio climático**

En este punto también es importante resaltar la necesidad de que en los distintos territorios y municipios del país, exista ordenamiento territorial para la adaptación y mitigación al cambio climático, como lo contempla el artículo 12 de la Ley Marco de Cambio Climático, que ordena al Ministerio

de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y a la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) a prestar la colaboración que las municipalidades del país necesiten para adecuar sus planes de ordenamiento territorial. Y las municipalidades y los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, de conformidad con sus respectivas competencias, deben atender el ordenamiento territorial para la adaptación y mitigación al cambio climático, tomando en cuenta los resultados de las comunicaciones nacionales del cambio climático y las condiciones biofísicas, sociales, económicas y culturales de sus respectivos territorios.

## 5.2 Gestión del riesgo asociado a fenómenos climatológicos extremos

La Ley Marco de Cambio Climático en el artículo 13 establece que las instituciones públicas deben ejecutar los planes y programas de gestión de riesgo diseñados para las condiciones y circunstancias del país, que se aplican desde lo local hasta lo nacional, incluyendo sistemas de prevención y prestación de servicios básicos en casos de emergencia.

## 5.3 Planes Estratégicos Institucionales de Reducción de Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación al Cambio Climático

Con base en el Plan de Acción Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, la Ley Marco de Cambio Climático prescribe que las instituciones públicas, deberán contar con planes estratégicos institucionales, los que deberán revisarse y actualizarse periódicamente. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, y el Ministerio de Finanzas Pbllicas, podrán apoyar la elaboración de estos planes.

Se prioriza el desarrollo de dichos planes estratégicos y operativos, en las siguientes instituciones, según la temática especificada:

- a. **Salud Humana:** El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) deberán tomar en cuenta el cambio climático en sus planes para mejorar la prevención y disminuir enfermedades vectoriales que se puedan incrementar

debido a la variabilidad climática, considerando al menos: infecciones respiratorias agudas, enfermedades diarreicas, y, particularmente, *leishmaniasis*, malaria, dengue y otros, aprovechando las nuevas tecnologías y el conocimiento ancestral y tradicional.

- b. Zonas Marino Costeras:** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; el Ministerio de la Defensa Nacional, y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), identificarán e implementarán programas, proyectos y acciones nacionales para prevenir y reducir la vulnerabilidad socio ambiental en las zonas marino costeras, focalizando los esfuerzos en minimizar los impactos provocados por la variabilidad y cambio climático de las poblaciones más vulnerables y en situación de riesgo.
- c. Agricultura, Ganadería y Seguridad Alimentaria:** El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), y la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN), establecerán planes para que el sector agropecuario guatemalteco se adapte a la variabilidad y los efectos del cambio climático tomando en cuenta los escenarios y efectos del cambio climático. El MAGA y la SESAN priorizarán aquellas acciones que tengan efecto directo en la producción de alimentos, principalmente para el autoconsumo y subsistencia en zonas prioritarias.
- d. Recursos Forestales, Ecosistemas y Áreas Protegidas:** El Instituto Nacional de Bosques (INAB), el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF), y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, desarrollarán planes locales, regionales y nacionales de prevención y combate de incendios forestales, de manejo eficiente de las unidades que conforman el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), los corredores ecológicos y los ecosistemas forestales para aumentar su resiliencia a la variabilidad climática y al cambio climático y asegurar el mantenimiento de los procesos ecológicos y los bienes y servicios naturales.

- e. **Infraestructura:** El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda; y las Municipalidades, deberán adoptar estándares de diseño y construcción de obra física que tomen en cuenta la variabilidad y el cambio climático de acuerdo con las características de las diferentes regiones del país.

## 6. Responsabilidad y corresponsabilidades de las municipalidades en los planes institucionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Los anteriores tres instrumentos jurídicos:

- La Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.
- La Política Nacional de Cambio Climático.
- El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.

Asignan a las instituciones del gobierno central y a las municipalidades, responsabilidades y corresponsabilidades en los “resultados” a alcanzar, con sus respectivas “metas”, en los planes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso particular de los gobiernos locales o municipalidades contemplan en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático:

- 32 “acciones” de las cuales son RESPONSABLES, y
- 84 “acciones” de las cuales son CORRESPONSABLES las municipalidades.

Que se desglosan de la manera siguiente:

- 6.1 En el componente de adaptación al cambio climático, en el **plan de acción del sector salud humana**, las municipalidades son **responsables de 1 acción, y corresponsables de 5 acciones.**



- 6.2 En el componente de adaptación al cambio climático, en el **plan de acción agricultura, ganadería y seguridad alimentaria**, las municipalidades son **responsables de 7 acciones**, y **corresponsables de 13 acciones**.
- 6.3 En el componente de adaptación al cambio climático, en el **plan de acción recursos forestales, ecosistemas y áreas protegidas**, las municipalidades son **responsables de 3 acciones**, y **corresponsables de 16 acciones**.
- 6.4 En el componente de adaptación al cambio climático, en el **plan de acción del sector infraestructura**, las municipalidades son **responsables de 5 acciones**, y **corresponsables de 8 acciones**.
- 6.5 En el componente de adaptación al cambio climático, en el **plan de acción gestión integrada de los recursos hídricos**, las municipalidades son **responsables de 8 acciones**, y **corresponsables de 7 acciones**.
- 6.6 En el componente de mitigación del cambio climático, en el **plan de acción del sector energía, subsector transporte**, las municipalidades son **responsables de 5 acciones**, y **corresponsables de 3 acciones**.
- 6.7 En el componente de mitigación del cambio climático, en el **plan de acción del sector energía, subsector industria energética**, las municipalidades son **responsables de 1 acción**, y **corresponsables de 11 acciones**.
- 6.8 En el componente de mitigación del cambio climático, en el **plan de acción de uso de la tierra**, las municipalidades son **corresponsables de 6 acciones**.
- 6.9 En el componente de mitigación del cambio climático, en el **plan de acción del sector desechos**, las municipalidades son **responsables de 9 acciones** y **corresponsables de 9 acciones**.

## CONCLUSIONES

La Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, Decreto número 7-2013 del Congreso de la República; la Política Nacional de Cambio Climático y el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, tienen con objetivo principal establecer las regulaciones necesarias para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en Guatemala. También tiene el propósito de que el Estado de Guatemala, por medio del Gobierno, entidades descentralizadas, autónomas, municipalidades, la sociedad civil organizada y la población en general, adopten prácticas que propicien condiciones para reducir la vulnerabilidad, mejoren las capacidades de adaptación y permitan desarrollar propuestas de mitigación de los gases de efecto invernadero.

Como se puede evidenciar, para dar cumplimiento a la Ley de Cambio Climático, se requiere un esfuerzo nacional y una decisión política firme, con una amplia participación de los sectores público y privado.

Las municipalidades, de conformidad con el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (que detalla y operativiza la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, Decreto número 7-2013 del Congreso de la República), tienen claramente establecidas las **32 acciones que son su responsabilidad** y las **84 acciones que son de su corresponsabilidad**.

## REFERENCIAS

- Climático, S. G. (2 de julio de 2019). *Reporte de cambio climático Guatemala*. (A. P.-E.-A. E.J. Castellanos, Editor) Recuperado el 10 de julio de 2019, de <https://sgccc.org.gt/reportes-de-cambio-climatico-guatemala/capitulo-1-antecedentes-y-contexto-del-cambio-climatico-en-guatemala-2/>
- Congreso de la República de Guatemala. (4 de octubre de 2013). *Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero*. Guatemala, Guatemala.

- Harmerlin, S. (2012). *Global Climate Risk Index 2012*. Berlin: GermanWatch.
- López Mendizábal, C. (5 al 22 de octubre de 2014). Crisis financiera y su impacto en Guatemala. Parte I. *Congreso Virtual Eumednet: XII° Globalización y Crisis Financiera*, 21. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (2009). *Política Nacional de Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Ramírez, P. (s.f.). *La sequía del 2001 en Centro América. Un caso para discusión sobre variabilidad y cambio climático*. (O. P. Salud, Editor) Recuperado el 29 de junio de 2019, de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/redica/prami.pdf>



---

# Análisis de las tecnologías y prácticas hacia el reciclaje y disposición de plásticos bromados

Mónica Jacqueline Hernández Jiménez, María del Carmen Monterrubio Badillo, Gabriel Pineda Flores<sup>1</sup>

## Introducción

La tecnología en dispositivos físicos ha permitido que la humanidad realice desde las actividades más cotidianas hasta las más complejas de manera más fácil, rápida y eficiente, con la finalidad de “mejorar la calidad de vida” de las personas y la calidad en la generación de bienes y servicios.

El volumen de generación de éstos residuos va en aumento, debido entre otros factores, a la transición a “la era digital” (infraestructura en telecomunicaciones e informática, internet y dispositivos digitales); tan sólo para el año 2016 se generaron a nivel mundial 44.7 millones de toneladas (Baldé, 2017) de residuos de aparatos electrónicos y eléctricos (RAEE), equivalentes a casi 4,500 Torres Eiffel.

En México se estimó que, en el año 2015, se generaron 1,310.52 kilotoneladas; es decir 1.3 millones de toneladas (SEMARNAT-PNUD (a), 2017) provenientes de residuos post-consumo, este dato no incluye estimaciones relacionadas con movimientos transfronterizos de RAEE, por lo que la problemática actual es mayor que esa cifra.

Los RAEE se han convertido en residuos atractivos para la industria del reciclaje principalmente por los metales contenidos en estos dispositivos, de ahí que han surgido conceptos como “minería urbana” que se refiere a la extracción de materias primas de productos en uso y desuso, edificios y residuos (Cossu & Williams, 2015) y ésta definición ha sido

---

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional – Centro Mexicano de Producción más Limpia  
Av. Acueducto S/N, Barrio La Laguna. Col. Ticomán, 07340, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México

aplicada para el reciclaje de RAEE debido a que cuentan con materiales valorizables como las tarjetas electrónicas que contienen metales (hierro, cobre, aluminio, oro, plata y paladium).

Por otra parte, la evolución tecnológica de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) ha seguido una tendencia hacia la disminución en su peso (Baldé & et-al, 2015), esto está intrínsecamente relacionado con el tipo de materiales utilizados para la fabricación de los AEE.

Aproximadamente el 20% del peso de la composición de un AEE es plástico con diferencias considerables, dependiendo del tipo de categoría (Wäger, 2010) siendo éste material el segundo de mayor peso ubicándose por debajo del hierro y acero que en su conjunto conforman 48% en peso, mientras que las tarjetas de circuitos impresos se ubican en el sexto lugar con un peso de 3% (Wang, 2014).

En plantas de tratamiento de RAEE, algunos plásticos obtenidos de los RAEE cuentan con un mercado y por lo tanto son valorizables, permitiendo que este flujo de materiales sea incorporado en una nueva cadena productiva, mientras que otros plásticos al no contar con información sobre su composición, son dispuestos en rellenos sanitarios.

La industria de reciclaje formal en México no ha crecido al mismo ritmo que la generación de éstos residuos, por lo cual se estima que aproximadamente sólo un 5% es reciclado en instalaciones formales (SEMARNAT-PNUD (b), 2017).

## **Características de los plásticos de RAEE**

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos pueden tener más de 15 diferentes tipos de plásticos (Stockholm Convention-UNEP, 2017), y éstos a su vez pueden contener sustancias consideradas peligrosas para la salud y medio ambiente, como son los éteres de difenilos polibromados (PBDE), listados en el Convenio de Estocolmo como contaminantes orgánicos persistentes (COP), y metales pesados restringidos por la Directiva Europea (RoHs por sus siglas en inglés) como: cadmio (Cd), cromo hexavalente (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros.

Estas sustancias fueron introducidas en los plásticos como aditivos durante su producción primaria, por ejemplo, el cadmio es utilizado en pigmentos y los difenilos polibromados son utilizados como retardantes de flama.

Los plásticos más utilizados en RAEE son: Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Poliestireno de alto impacto (HIPS), Polipropileno (PP), Policarbonato (PC), Cloruro de poliestireno (PVC), Polimetil metacrilato (PMMA), entre otros.

Tres tipos de plásticos conforman del 63%-85% en peso de la composición total de plástico de RAEE (ABS, HIPS y PP) (Maris & al., 2015) (Chatterjee, 2015) (Stockholm Convention-UNEP, 2017), los cuales pertenecen a la familia de los termoplásticos, éstos pueden ser fundidos cuando se les aplica calor y se endurecen cuando se enfrían. Estas características que le confieren al material su nombre, son reversibles, es decir, se puede recalentar, remodelar y congelar repetidamente.

## Alternativas para el tratamiento de plásticos

La separación y clasificación es un elemento clave para que los plásticos entren en una cadena de valor. Desde un punto de vista general, los plásticos de los RAEE son el cuarto material con potencial valorizable (ver tabla 2) y su valor será determinado, como en el resto de los materiales, por el precio en el mercado, nivel de pureza del material, volumen generado, entre otros (Cucchiella & et al, 2015).

Tabla 2. Los diez materiales más valorizados, tomado de Cucchiella & et al, 2015.

Materiales	% de ingresos
Oro	50.4
Cobre	13.9
Paladio	9.5
Plásticos	9.2
Plata	3.6
Aluminio	2.5
Estaño	2.0
Bario	1.8
Platino	1.7
Cobalto	1.6

Por otra parte, también es importante la detección de sustancias restringidas que puedan generar trazas de contaminación, se han detectado en una variedad de productos de consumo que no requieren retardantes de flama o en concentraciones insuficientes para proveer protección al fuego, incluyendo juguetes para niños, utensilios de cocina, termos, guirnaldas de cuentas, entre otros. La presencia de estos compuestos puede ser explicada por la mezcla de plásticos vírgenes con plásticos reciclados provenientes de RAEE que no están bajo cumplimiento de los límites establecidos en la Unión Europea (Turner & Filella, 2017).

Es por ello que en 2002 la Directiva de la Unión Europea emitió el comunicado 2002/95/EC, también conocida como la Restricción de Sustancia Peligrosas (RoHS, por siglas en inglés), mediante el cual promueve el interés en el análisis cuantitativo de trazas de metales pesados en matrices de resinas plásticas de aparatos eléctricos y electrónicos, limitando el uso y estableciendo niveles máximos para las siguientes 10 sustancias:

Elemento/Compuesto químico	Límite
Mercurio (Hg)	< 100 ppm
Cadmio (Cd)	
Plomo (Pb)	< 1000 ppm
Cromo hexavalente (Cr VI)	< 1000 ppm
Bifenilos Polibromados (PBB)	
Éteres de Difenilos Polibromados (PBDE)	
Ftalato de bis (2-etilhexilo) (DEHP)	
Ftalato de butilo bencilo (BBP)	
Ftalato dibutil (DBP)	
Ftalato de diisobutilo (DIBP)	

A pesar de que el bromo no se encuentra dentro de las sustancias restringidas por la RoHS, es un elemento precursor para los compuestos PBB y PBDE, el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica a través de una norma técnica estableció límites permisibles para bromo en



plásticos de RAEE en la etapa de separación, es decir, previo a que los plásticos sean llevados a un proceso de tratamiento, la cual indica que: *los operadores deberán separar las fracciones donde la concentración total de bromo se sospeche o sea mayor a 2000 mg/kg, o si no es declarado. Por otro lado, si la concentración de bromo es menor a 2000 mg/kg, el operador cumple con el requisito de descontaminación de retardantes de flama bromado (CLC/TS 50625-3-1:2015, tomado de Hennebert & Filletta, 2018).* Tanto la Unión Europea como la Convención de Estocolmo prohíbe la dilución intencional de estas sustancias durante los procesos de reciclaje, por lo que de llevarse a cabo se estaría incurriendo en una acción ilegal.

En este sentido, la comunidad científica ha estudiado y desarrollado diferentes técnicas y tecnologías para el tratamiento de los RAEE, principalmente encaminada a la recuperación de metales valorables, pero también se han desarrollado trabajos para el aprovechamiento de plásticos de RAEE.

Las alternativas de tratamiento que se mencionan a continuación están basadas en la experiencia internacional y en primer lugar se describirán las tecnologías desarrolladas para la separación y clasificación de polímeros, éstas se basan en la diferencia entre las propiedades químicas, ópticas, eléctricas y/o físicas de los diferentes plásticos a separar, todos los procesos de separación automatizada requieren que los plásticos estén fragmentados a un tamaño específico de partícula y en su caso estar libres de interferencias (etiquetas, pegamento, grasas, polvo, metales, entre otros.).

De acuerdo con la literatura, se encontró que un solo método no puede satisfacer todos los criterios de clasificación (polímeros diferentes, grado de pureza de las corrientes de materiales a separar, contenido de trazas de contaminantes, velocidad de producción, costo de equipos etc.), por lo que han desarrollado experimentos en plantas pilotos para implementar una combinación de tecnologías, y verificar mediante indicadores de porcentajes de eficiencia de separación del material objetivo.

## Métodos de separación de plásticos con retardantes de flama bromados

De acuerdo con la literatura se han identificado ocho métodos considerados como potencialmente efectivos para la identificación de retardantes de flama bromados en plásticos de RAEE (Haarman & Gasser, 2016):

1. **Separación visual** mediante la inspección manual del tatuaje impreso en la pieza plástica.
2. **Separación en la fuente**, esto se refiere a considerar criterios de plásticos que contiene fracciones ricas en contenido de retardantes de flama bromados, como las carcasas de las televisiones de tubos de rayos catódicos y monitores de computadoras; sin embargo no debe de considerarse como método suficiente para garantizar la separación de los retardantes de flama bromados.
3. **Prueba de Beilstein**: es un método simple para determinar la presencia de un halógeno (cloro, flúor, bromo y yodo). Para esta prueba hay que calentar un alambre de cobre limpio en un quemador de Bunsen hasta que se ponga incandescente. Después se pone en contacto rápidamente el alambre caliente con la muestra de ensayo y se retorna el alambre a la llama. Una llama verde demuestra la presencia de halógeno. Está práctica potencializa la formación de gases tóxicos, sin embargo, la información sobre la caracterización de la toxicidad en plásticos de RAEE es nula, pero considerada similar a los PCDD y PCDF.
4. **Espectrometría de chispa deslizando**: El principio básico del método es la vaporización térmica de una pequeña cantidad de la superficie de plástico utilizando un tren de chispas deslizando definidas de alta corriente. Los componentes del material en el plasma de la chispa se vaporizan, atomizan y activan para emitir radiación. La intensidad del espectro óptico del bromo determinará la concentración del mismo. Está práctica potencializa la formación de gases tóxicos, se sugiere que se lleve a cabo en lugares de trabajo con una buena ventilación.

5. **Fluorescencia de rayos X:** La técnica de Fluorescencia de Rayos X se basa en el estudio de las emisiones de fluorescencia generadas después de la excitación de una muestra mediante una fuente de rayos X. La radiación incide sobre la muestra excitando los átomos presentes en la misma, que emiten a su vez radiación, característica denominada fluorescencia de rayos X. Por lo tanto, se puede determinar qué elementos están presentes en un material midiendo el espectro de longitudes de onda y la cantidad de cada elemento midiendo la intensidad espectral.
6. **Métodos basados en láser:** Espectroscopia de ruptura inducida por láser o espectroscopia de plasma inducida por láser (LIBS o LIPS) y espectroscopia de emisión multi inducida por láser (LIMES), cuando el láser impacta en la superficie, una cantidad minúscula del material se evapora y se excita dentro del plasma. Las líneas espectrales emitidas en la zona ultravioleta, describe la composición elemental de la muestra.
7. **Transmisión de rayos X:** Está tecnología emite una radiación de banda ancha que penetra en el material para obtener información sobre la absorción de energía, que es medida mediante una cámara ultra sensible de rayos X que identifica la densidad atómica del material. Tiene la ventaja de que puede separar diferentes fracciones de material de RAEE (metales ferrosos, CRT, vidrio, aluminio, etc.) y es utilizada a escalas industriales debido a su alto nivel de inversión.
8. **Sumidero y flotación:** Cada tipo de plástico presenta una densidad y la presencia de aditivos como los retardantes de flama bromados influye en ello. Con base en los estudios realizados por Gasser, M. (2016) los rango de densidades comúnmente encontrados en los plásticos de RAEE se muestran en la figura 1, él afirma que es posible la separación de fracciones ligeras de las pesadas utilizando una solución con diferentes densidades; soluciones de agua simple hacen flotar las fracciones de PE y PP de otros plásticos, mezclas de etanol y agua separan los plásticos con densidades menores que el agua simple (PE del PP) o soluciones salinas (con cloruro de sodio) para separar plásticos con altas densidades como el ABS, HIPS de otros plásticos. Para esta técnica es necesario tener fracciones homogéneas de plásticos. Se considera una práctica de costo efectiva.

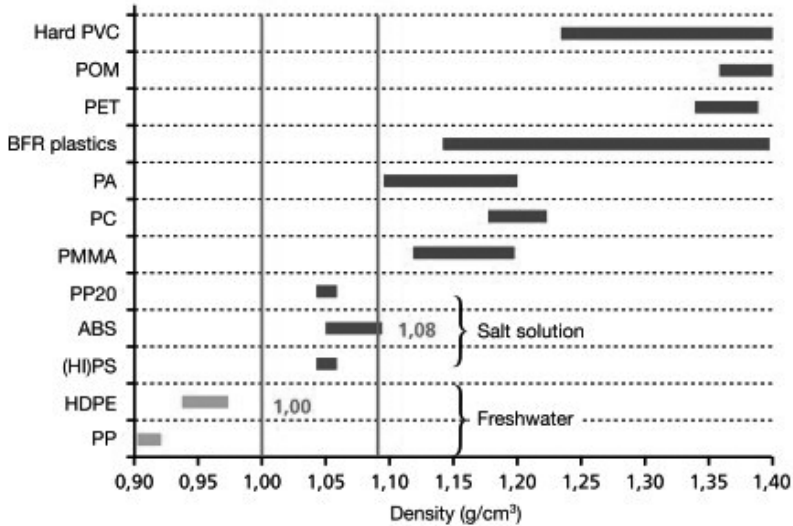


Figura 1. Rango de densidades de los plásticos de RAEE y posible separación de niveles (Haarman & Gasser, 2016).

### Tratamiento mecánico:

- **Separación por espectroscopia infrarroja (NIR):** Método relevante para la clasificación automática de polímeros ya que es una técnica no destructiva y rápida. Tanto el infrarrojo cercano (NIR) (longitudes de onda entre 0,8  $\mu\text{m}$  y 2,5  $\mu\text{m}$ ) e infrarrojos medios (MIR) (2,5–30  $\mu\text{m}$ ) puede ser utilizado para el análisis espectroscópico de polímeros físicos y químicos.

Esta tecnología presenta como ventajas mediciones remotas de alta velocidad, alta penetración profunda de las radiaciones NIR, que impide una muestra de pretratamiento y una importante relación señal / ruido. Las desventajas que tiene es que presenta incapacidad para detectar polímeros color negro, debido a que los polímeros como la radiación son totalmente absorbidos por este tipo de material. Además, los fotones NIR excitan simultáneamente dos o más vibraciones moleculares diferentes, y luego la absorción es más débil y sin rasgos distintivos. Es necesaria una calibración indirecta de los

espectros para explotar una identificación rápida, precisa, no destructiva y de detección remota.

- **Separación por rayos X:** ver inciso 7 de la sección anterior.
- **Separación de plásticos por densidad:** ver inciso 8 de la sección anterior.
- **Separación triboeléctrica:** Funciona bajo el principio de diferencia en las cargas electrostáticas de los plásticos, es decir, cuando dos materiales diferentes no conductivos al ser frotados adquieren pequeñas cargas opuestas por transferencia de electrones. El material con mayor constante dieléctrica se vuelve más positivo y el material con la constante dieléctrica es cargado negativamente. La constante dieléctrica es afectada por la adición de aditivos y cargas. La partícula del material con mayor constante dieléctrica es cargada positivamente contra la partícula con menor carga, esto es referido como carga triboeléctrica. Esta técnica está obstaculizada para los plásticos de RAEE por la poca eficiencia, debido a que las cargas de materiales no son homogéneas, por la sensibilidad a los cambios de las condiciones ambientales (Luga & etal, 2016).
- **Separación óptica:** Esta tecnología permite sólo realizar una separación por tipo de color, más no por tipo de polímero.

Posterior al proceso de categorización de polímeros, el siguiente proceso de transformación es la aplicación de calor para la peletización. En esta etapa es importante que asegurar que plásticos con retardantes de flama bromados fueron separados.

### Tratamientos químicos

Se consideran procesos complementarios a los tratamientos mecánicos y ofrecen la posibilidad de resolver limitaciones de éstos.

Los tratamientos químicos son procesos que tienen por objetivo la descomposición del polímero para obtener monómeros. Su aplicación puede ser viable para plásticos mixtos.

- **Pirólisis:** Es la degradación térmica de residuos orgánicos en ausencia de oxígeno para descomponer el material en materia carbonacea, aceite o gases, los cuales puede ser utilizados como combustible o químicos. Se lleva a cabo en temperaturas mayores a 450°C y elevados tiempos de residencia.
- **Hidrólisis:** Procedimiento por el cual un disolvente actúa como reactivo y en función de la naturaleza del disolvente se distinguen distintas clases. La hidrólisis se realiza en un medio básico (saponificación), lo que facilita el proceso, pero requiere de un post-tratamiento para transformar el producto en monómeros utilizables. Permite tratar desechos coloreados y mezclados.
- **Metanolisis:** Consiste en la aplicación de metanol al plástico, descomponiéndose éste en sus moléculas básicas.
- **Glicolisis:** Se realiza con etilenglicol y en condiciones menos severas que la metanolisis y la hidrólisis, es menos eficaz que ellas en el tratamiento de residuos de diferentes colores y mixtos.
- **Hidrogenación:** Es el tratamiento térmico del residuo plástico en presencia de hidrógeno a temperaturas entre 400°C y 500°C y presiones de 10<sup>a</sup> 100 kPa. Se emplean catalizadores bifuncionales compuestos por metales de transición soportados por matrices ácidas. Da lugar a la formación de productos altamente saturados que pueden usarse como materia prima para refinería o directamente como combustible. Es un tratamiento costoso y requiere medidas de seguridad especiales.
- **Gasificación:** Los plásticos son sometidos a altas temperaturas (generalmente sobre los 600°C) en un ambiente casi sin oxígeno. Los niveles de oxígeno se mantienen bajos para prevenir una combustión inmediata; en lugar de eso, la parte a base de carbono de los plásticos se descompone en gas de síntesis.
- **Método de Creasolv:** Consiste en una extracción selectiva de solventes para el proceso de reciclaje de plásticos de RAEE que se separa y

recupera en alta pureza. Se eliminan los contaminantes particulares. Con retención de todas las propiedades poliméricas de la resina base. Este método está patentado por el Instituto Fraunhofer de Ingeniería de Procesos y Embalaje, en Alemania.

### Tiramientos térmicos

- **Incineración controlada de residuos peligrosos:** Bajo condiciones de combustión apropiadas, los compuestos orgánicos persistentes, se destruyen durante la incineración. Los procesos avanzados de incineración implican mantener una temperatura mínima de 850°C o, si el desecho contiene más del 1% de sustancias orgánicas halogenadas expresadas como cloro, a una temperatura superior a 1100 ° C, con un tiempo de residencia mayor que dos segundos en la(s) cámara(s) de combustión en condiciones que aseguren una mezcla adecuada. Los incineradores de residuos peligrosos están disponibles en varias configuraciones, incluidos los incineradores de hornos rotatorios y los hornos estáticos (para líquidos con baja contaminación). Las calderas de alta eficiencia y los hornos de agregados livianos también se utilizan para la coincineración de desechos peligrosos.
- **Incineración con recuperación de energía:** Es el proceso que mediante combustión controlada, se aprovecha el contenido energético de los residuos plásticos como combustible alternativo. Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, podría haber residuos del proceso de reciclaje que no puedan ser reciclados. En caso de que el reciclaje no pueda justificarse, la recuperación energética tal vez sea una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los residuos plásticos. La planta debe contar con mecanismos de control adecuados de emisiones y debe dar cumplimiento a lo establecido en la legislación vigente en materia de emisiones atmosféricas.
- **Co-procesamiento en hornos cementeros:** Se refiere al uso de materiales de desecho como combustibles alternativos o materia prima para recuperar energía o recursos, lo que implica la reducción del uso de combustibles convencionales o materias primas. Con

base en la jerarquía de manejo de residuos, el co-procesamiento se encuentra por encima de los otros métodos de eliminación, como la incineración y rellenos sanitarios. Al alcanzar temperaturas entre 1250°C-1450°C y tiempos de residencia entre 4 y 5 segundos, prácticamente cualquier compuesto orgánico es destruido a éstas altas temperaturas.

- Varios parámetros tienen que ser monitoreados durante la alimentación del Clinker, con la finalidad de mantener los estándares de calidad del cemento. Las cantidades estimadas de alimentación de Clinker dependerán de las entradas de otros materiales y el nivel de bromo del plástico (SRI, 2016).

## **Impactos ambientales y riesgos por actividades asociadas al manejo de plásticos de RAEE**

Desde la década de los años 90's, diversos organismos internacionales como la Convención de Estocolmo de COP, diferentes agencias de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se han pronunciado para que los países tomen medidas para prohibir la producción, uso y el manejo ambientalmente adecuado de los materiales contaminados con COP.

Las recomendaciones de éstas instituciones fueron adoptadas, en primera instancia de manera voluntaria, por la industria y posteriormente adoptadas en sus países a través de sus instrumentos regulatorios.

En México, aún se cuenta con una regulación específica para el procesamiento y/o reciclaje de los materiales que provienen de los RAEE, éstos se enmarcan principalmente en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), su reglamento y las normas oficiales mexicanas NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos y la NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.



Con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGGPA) de México, un impacto ambiental es aquella modificación del ambiente provocada por acciones antropogénicas o de la naturaleza. Asimismo, ésta ley define ambiente como el conjunto de elementos naturales y artificiales que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

En este sentido, los RAEE al contener una mezcla compleja de más de 1000 sustancias tóxicas (Chauban & et al., 2018), corren el riesgo de tener un manejo inapropiado; es decir en ausencia de instalaciones, de equipo de protección personal, uso de procesos de incineración y de solventes para la extracción de metales preciosos y operando bajo la ilegalidad, provocando contaminación en suelo, agua y aire. Cuando los contaminantes penetran en el suelo, pueden migrar a los mantos acuíferos, exponiendo a aquellas personas por suelo contaminado, polvo, aire y alimentos contaminados (Nuñez-Acosta, 2018).

Es importante considerar que los contaminantes son liberados como una mezcla y los efectos de exposición a un compuesto o elemento químico específico no puede ser considerado de forma aislada; sin embargo, los compuestos halogenados y los metales pesados parecen tener una mayor influencia en riesgos potenciales para la salud (ver tabla 1). La exposición ante éstas sustancias químicas puede darse por inhalación, ingesta y/o contacto dérmico.

Por otra parte, los plásticos que contienen retardantes de flama bromados pueden estar influenciados por varios procesos ambientales como la degradación química, biodegradación, volatilización y fotodegradación, los cuales determinarán su persistencia, transporte y su último destino. Los PBDE han sido encontrados en diferentes matrices como aire, suelo, sedimentos, agua y muestras biológicas de humanos, aves y peces en Europa, América y Asia (Arkotia & et al., 2016).

Desde el punto de vista del manejo de los RAEE, las fuentes de exposición pueden ser clasificadas en tres sectores: instalaciones formales, zonas de reciclado informal y remanentes de compuestos en el medio ambiente (Grant & et al., 2013).

Diferentes estudios asocian los siguientes efectos ante la exposición de sustancias contenidas en los RAEE con cambios en el funcionamiento de células, tiroides, pulmón, salud reproductiva, tasas de crecimiento en

la niñez, desarrollo cognitivo, citotoxicidad y genotoxicidad (Perkins & al., 2014) (Grant & et al., 2013).

Con relación al impacto sobre el manejo de los plásticos Wäger P. (2015) mediante un análisis de ciclo de vida de los plásticos afirma que el proceso de reciclaje de plásticos de RAEE tiene cuatro veces menor impacto ambiental que un proceso de disposición final y de seis a diez veces menor impacto que la extracción de materias primas vírgenes, mientras que por otra parte, Jonkers (2015) señala que el mayor impacto ambiental de los retardantes de flama (sea bromado o no) se derivan en las etapas de exportación y un tratamiento inapropiado.

De acuerdo con la entrevistas realizadas durante 2018 a empresas recicladoras de electrónicos en el Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, realizan la separación de plásticos de forma manual, orientados por el tatuaje de la pieza plástica o con base en la experiencia del operador para identificar plásticos de manera visual o quemando una parte de la pieza para observar la forma en que combustiona el plástico y el olor que despiden.

Los plásticos que no logran ser clasificados por tipo de polímero o la mezcla de diferentes tipos de plásticos, no tienen un valor en el mercado, por lo que la práctica es enviarlos a un relleno sanitario, está es una práctica sugerida por la Convención de Estocolmo, siempre y cuando los países no opten por la opción de la destrucción o la transformación irreversible de dichos compuestos. Sin embargo, los países deberán asegurar que la construcción de los rellenos sanitarios cumpla con medidas para que se reduzca al mínimo la posibilidad de que el COP se pase al medio ambiente. En particular, se deberá impedir la contaminación de los mantos acuíferos por la infiltración de lixiviados al suelo, evitar y reducir la producción de gases, esto implica tratamientos *in situ* de lixiviados, por ejemplo, utilizando medios físico-químicos y biológicos o aplicando tecnologías de filtrado con carbón activado, osmosis inversa, la nanofiltración, entre otros.

En México se enumeran 238 rellenos sanitarios y 1,643 tiraderos a cielo abierto reportados, que en su conjunto se dispone de un 70% y 25% de los residuos generados respectivamente, el 5% restante corresponde a residuos que se recicla o valoriza. Sin embargo, los rellenos sanitarios y los tiraderos a cielo abierto, no cumplen con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece las especificaciones de

protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial; por lo tanto, la operación de rellenos y tiraderos es inadecuada y representa un riesgo a la salud de la población y al medio ambiente. Asimismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) identificó que al menos 277 sitios de disposición final (tiraderos o rellenos) presentan condiciones similares a las de un sitio contaminado (SEMARNAT, 2019) representando un riesgo para la salud y medio ambiente.

Por otra parte, es importante considerar los riesgos en la ejecución de los tratamientos, esto debido a que los plásticos que contienen retardantes de flama bromados deben ser sometidos a temperaturas mayores a 850°C para impedir la formación de dioxinas (PCDD) y furanos (PCDF). Para los tratamientos térmicos, éste es un parámetro obligatorio de monitoreo entre otros parámetros, para prevenir la contaminación atmosférica como son los óxidos de nitrógeno (NOX), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y las partículas suspendidas totales. Otras emisiones importantes que hay que considerar son los óxidos de carbono (CO y CO<sub>2</sub>), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los metales, además otras sustancias producidas por las reacciones químicas que ocurren dentro del proceso, así como los desechos generados a partir de los procesos tanto térmicos como químicos (cenizas, aguas residuales, escorias de metales pesados, etc.).

En las etapas de molienda, extrusión y peletización de plásticos, se alcanzan temperaturas inferiores a 450°C, razón por la cual en Europa está prohibido el reciclaje de plásticos bromados sin previo tratamiento, además de perpetuar la disipación de compuestos bromados en el medio ambiente.

Las estaciones de trabajo deben estar diseñadas apropiadamente para proteger a los trabajadores y usar el equipo de protección personal.

En cuanto a la disposición de plásticos de RAEE en rellenos sanitarios la NOM-083-SEMARNAT-2003, establece en el numeral 7.2 que de no contar el relleno sanitario con un sistema para el aprovechamiento de biogás, se procederá con la quema en pozos individuales o mediante una red de quemadores centrales. Por lo cual, el riesgo latente es la combustión incompleta de los compuestos bromados, propiciando la generación de dioxinas y furanos.

Por otra parte, mientras en México no exista un sistema de logística inversa para que los consumidores retornen los RAEE, éstos productos seguirán procesándose de manera selectiva en empresas formales, dejando atrás una variedad inmensa de RAEE bajo condiciones de manejo inadecuadas por parte del sector informal, cuyas prácticas habituales para el tratamiento de plásticos, son la quema para la reducción del volumen, ser utilizado como combustible o recuperar el cobre de los cables. Tal es el caso del programa del apagón analógico, donde salieron a la calle miles de televisiones de tubos rayos catódicos y tanto el destino como el tratamiento de la empresa que ganó licitación no ha sido transparente al igual que las dependencias responsables de dicho programa. Cabe mencionar que de acuerdo con la literatura, las carcasas de estos aparatos son las que presentan un alto contenido de bromo y requieren de un tratamiento diferenciado. Asimismo, las empresas formales al no estar procesando este tipo de aparatos, debido a sus altos costos de disposición, se encuentran en tiraderos a cielo abierto y en manos de la informalidad, cuyas prácticas habituales para el tratamiento de plásticos, son la quema para la reducción del volumen, ser utilizados como combustibles y/o recuperación de cobre de los cables; por lo que los daños ambientales aún no han sido cuantificados en México.

Tabla 1 Potenciales riesgos a la exposición de sustancias contenidas en los RAEE tomado de Perkins & et al., (2014).

Contaminante	Componente del eléctrico y electrónico	Rutas ecológicas de exposición	Rutas de exposición
Retardantes de flama bromados (PBDE y PBB)	Plásticos, conectores, cables y tarjetas de circuitos.	Aire, polvo, comida, agua, y suelo.	Ingesta, inhalación y transplacental.
Bifenilos policlorados	Fluidos dieléctricos, lubricantes y refrigerantes en generadores, capacitores y transformadores, lámparas fluorescentes, ventiladores, lavatrastes y motores eléctricos.	Aire, polvo, suelo y comida (bioacumulable en peces y mariscos).	Ingesta, inhalación o contacto dérmico y transplacental.
Dibenzodioxinas (PCDD) y dibenzofuranos (PCDF) policloradas	Liberados por combustión.	Aire, polvo, suelo, comida, agua y vapor.	Ingesta, inhalación, contacto dérmico y transplacental
Hidrocarburos poliaromáticos (PAH)	Liberados por combustión.	Aire, polvo, suelo y comida.	Ingesta, inhalación y contacto dérmico.
Plomo	Tarjetas de circuitos, tubo de rayos catódicos, soldadura y baterías.	Aire, polvo, agua y suelo.	Ingesta, inhalación y contacto dérmico.
Cromo o cromo hexavalente	Revestimientos anticorrosivos, cintas de datos y discos floppy.	Aire, polvo, agua y suelo.	Ingesta e inhalación.
Mercurio	Termostatos, sensores, monitores, celdas, tarjetas de circuitos impresos, lámparas fluorescentes y monitor de cristal líquido (LCD).	Aire, polvo, suelo y comida (bioacumulable en peces y mariscos).	Ingesta, inhalación y contacto dérmico.

Contaminante	Componente del eléctrico y electrónico	Rutas ecológicas de exposición	Rutas de exposición
Cadmio	Switches, conectores, tarjetas de circuitos impresos, baterías, detectores infrarrojos, chips semiconductores, tintas de tóner de máquinas fotocopiadoras, tubos de rayos catódicos y teléfonos móviles.	Aire, polvo, suelo y comida (especialmente en arroz y vegetales).	Ingesta e inhalación.
Zinc	Tubo de rayos catódicos y revestimientos metálicos	Aire, agua y suelo.	Ingesta e inhalación.
Níquel	Baterías	Aire, suelo, agua y alimentos (plantas).	Ingesta, inhalación, contacto dérmico y transplacentar.
Litio	Baterías	Aire, suelo, agua y alimentos (plantas).	Ingesta, inhalación y contacto dérmico.
Bario	Tubos de lámparas fluorescentes	Aire, suelo, agua y alimentos.	Ingesta, inhalación y contacto dérmico.
Berilio	Fuente de alimentación de energía, computadoras, máquinas de rayos X, componentes cerámicos de electrónicos.	Aire, agua y alimentos.	Ingesta, inhalación y transplacentar

## Referencias

- Arkotia, E., & etal. (2016). A review of sources, levels, and toxicity of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and their transformation and transport in various environmental compartments . *NCR Research Press*.
- Baldé, C. P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017*.
- Baldé, C., & et-al. (2015). *E-waste statistics: Guidelines in classifications, reporting and indicators*. Bonn, Germany.
- Chatterjee, S. (2015). *Sustainable Recycling Technology for Electronic Waste: DeitY Initiatives*. Obtenido de <http://toxicslink.org/docs/e-waste-Deity.pdf>
- Chauban, G., & etal. (2018). Novel technologies and conventional process for recovery of metals from electrical and electronic equipment: Challenges & apportunities - A review. *Journal of Environment Chemical Engineering*.
- Cossu, R., & Williams, I. (2015). Urban mining: Concepts, terminology, challenges. *Journal Waste Management*.
- Cucchiella, F., & etal. (2015). Recycling of WEEE: An economic assessment of present. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Grant, K., & etal. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The University of Queensland, Australia; Department of Public Health and Environment, World Health Organization*.
- Haarman, A., & Gasser, M. (2016). *Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector*.
- Hennebert, P., & Filella, M. (2018). WEEE plastic sorting for bromine essential to enforce EU regulation. *Waste Management*.
- Jonkers, N. (2015). Life cycle assessment of flame retardants in an electronics application. *LCA and Chemistry*.
- Luga, A., & etal. (2016). Tribocharging techniques for the electrostatic separation of granular plastics from waste electric and electronic equipment. *Taylor & Francis Group*.
- Maris, E., & al., e. (2015). Characterizing plastics orinating from WEEE: A case study in France. *Minerals Engineering*.
- Núñez-Acosta, E. (Febrero de 2018). Residuos Electrónicos. *Nota para la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión*.

- Perkins, D., & al., e. (2014). E-waste: A global hazard. *Icahn School of Medicine at Mount Sinai*.
- SEMARNAT. (2019). *Visión Nacional hacia una gestión sostenible: Cero residuos*. Ciudad de México.
- SEMARNAT-PNUD (a). (2017). *Inventario de generación de residuos electrónicos en México*. Ciudad de México.
- SEMARNAT-PNUD (b). (2017). *Caracterización de la industria formal e informal del reciclaje de residuos electrónicos en México*. Ciudad de México.
- SRI. (2016). *Co-processing of non-recyclable hazardous plastic waste in cement kiln*.
- Stockholm Convention-UNEP. (2017). *Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of wastes containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*.
- Turner, A., & Filella, M. (2017). Bromine in plastic consumer products – Evidence for the widespread. . *Science of the Total Environment*.
- Wäger, P. (2015). Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant.
- Wäger, P. S. (2010). RoHS Sustances in mixed plastics from waste electrical and electronic equipment.
- Wang, R. X. (2014). Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. *Waste Manage*.



---

# Desarrollo sostenible, energías limpias y cambio climático: Los grandes retos ambientales en la porcicultura colombiana

Juan Carlos Mendoza Corba, María Oliva Rodríguez Galindo<sup>1</sup>

## Resumen

La producción y consumo de carne de cerdo en Colombia y el mundo ha ido en aumento en la última década. Los diversos impactos ambientales asociados a la carne de cerdo por la demanda de recursos naturales, la contaminación al aire, el agua y el suelo, han puesto en perspectiva la actividad porcícola para que sea desarrollada de una forma sostenible aportando a la estabilidad del productor en beneficio del consumidor y en armonía con el entorno natural, a corto, mediano y largo plazo.

Diferentes teorías y conceptos sobre la sostenibilidad y el desarrollo sostenible son un reto para la porcicultura como se describe en el presente documento. Sin embargo, es claro que desde el informe Bruntland “*Nuestro futuro común*” (UN, 1987) se han generado diferentes estrategias para trabajar en una porcicultura sostenible bajo los cinco (5) principios clave adoptados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a nivel internacional como lo son: mejorar la eficacia en el uso de los recursos, realizar actividades directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales, proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social, reforzar la resiliencia de las personas, comunidades y ecosistemas, y finalmente mecanismos de gobernanza responsables y eficaces (LEAD/FAO, 2009).

---

1 **Juan Carlos Mendoza Corba:** Profesional de sostenibilidad, Fondo Nacional de la Porcicultura Porkcolombia-FNP, jmendoza@porkcolombia.co  
**María Oliva Rodríguez Galindo:** Coordinadora ambiental, Fondo Nacional de la Porcicultura Porkcolombia-FNP, mrodriguez@porkcolombia.co

Además, se han generado diferentes estrategias para trabajar en una porcicultura sostenible bajo cuatro (4) pilares desarrollados en el contexto Colombiano por la Asociación Porkcolombia – FNP, entidad que representa a los poricultores en el país. El primer pilar sobre aprovechamiento de subproductos como la porcínaza (sólida y líquida) y el compost de mortalidad, el segundo por la autogeneración de energía a partir de fuentes renovables, el tercero asociado al manejo de los ecosistemas a través de la reforestación y conservación de la biodiversidad, y el cuarto sobre la responsabilidad social a través del trabajo con la comunidad.

Uno de los grandes retos que afronta la producción agropecuaria de cerdos es el cambio climático relacionado con los gases de efecto invernadero (GEI), y es por esto que se deben diseñar estrategias para la prevención, mitigación, corrección o si lo amerita compensación, mediante buenas prácticas de manejo ambiental (BPA), el uso de mejores técnicas disponibles (MTD), y la adaptación de la Estrategia Nacional de Economía Circular en Colombia (ENEC) de la actividad porcícola, mediante el uso de energías limpias, la gestión de la fermentación entérica, la gestión de estiércol y en general el manejo de las materias primas y residuos en toda la cadena productiva.

## **Impactos de la producción y consumo de la carne de cerdo**

En términos económicos el sector pecuario no es uno de los principales sectores a nivel mundial, pero su importancia social y política es altamente significativa. Este sector representa el 40 por ciento del producto interno bruto (PIB) agrícola, genera empleo para mil trescientos millones de personas y medios de subsistencia para mil millones de personas con bajos recursos en todo el mundo (LEAD/FAO, 2009). Además, los productos de la ganadería suministran un tercio del consumo mundial de proteínas y de la misma manera que contribuyen a la obesidad son una posible solución a la desnutrición. (LEAD/FAO, 2009)

Otra característica del sector ganadero, es que este comienza a competir de una manera directa e intensa por tierras, agua y otros recursos naturales escasos. A continuación, se describen algunas implicaciones en relación a la ganadería en el entorno natural (LEAD/FAO, 2009):

- Se prevé que la producción mundial de carne se incrementará en más del doble, pasando de 229 millones de toneladas en 1999/01 a 465 millones de toneladas en 2050
- La ganadería es la actividad humana que ocupa una mayor superficie de tierra (26%). La producción ganadera se destina el 70 por ciento de la superficie agrícola y el 30 por ciento de la superficie terrestre del planeta.
- Hay una creciente tendencia a la intensificación y a la industrialización. Se registra un cambio en las especies utilizadas, con un crecimiento acelerado de la producción de especies monogástricas (cerdos y aves de corral, producidos en su mayoría en unidades industriales) y una desaceleración de la producción de rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos, criados con frecuencia en condiciones extensivas).
- El sector ganadero reviste una importancia fundamental, ya que es responsable del 18 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero medidos en equivalentes de dióxido de carbono ( $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ ), un porcentaje mayor que el correspondiente a los medios de transporte.
- El sector pecuario es responsable del ocho (8) por ciento del consumo mundial del recurso agua, principalmente para la irrigación de los cultivos forrajeros, y genera impactos por uso de fertilizantes, antibióticos, residuos veterinarios, generación de estiércol, entre otros.
- La ganadería constituye cerca del 20 por ciento del total de la biomasa animal terrestre, y el 30 por ciento de la superficie terrestre que ocupa hoy en día estuvo antes habitada por fauna silvestre.

Expresando la producción ganadera con base a la producción de proteína, se pueden comparar distintos productos de diferentes especies. Para 2010, Asia oriental y el Sudeste Asiático, con unos 19 millones de toneladas de proteína, son las regiones con la producción más elevada, impulsada principalmente por especies monogástricas. Europa occidental, América del Norte y América Latina y el Caribe tienen niveles de producción similares, entre 12 y 10 millones de toneladas de proteína. (FAO, 2017)

Pese a los diferentes impactos de la ganadería en el recurso natural, es importante resaltar que los cerdos tienen ventajas productivas sobre otras especies como el ganado bovino por ser de ciclo corto, ser eficientes

en el consumo de piensos concentrados, usar menos espacio, y por ende puede disminuir su precio unitario por kilogramo consumido, aun así persisten los impactos ambientales y sociales en los diferentes medios de producción (LEAD/FAO, 2009). En general, el consumo anual de carne de cerdo aumentó en 18 millones de toneladas (Mt) en el período 2006-2016 de los cuales 11 Mt (59%) correspondieron al crecimiento del consumo de carne en China. (OCDE/FAO, 2017)

A nivel local, en relación al consumo de carne de cerdo en Colombia de acuerdo con las cifras consolidadas por el Sistema Nacional de Recaudo de la Asociación Porkcolombia – FNP, en el año 2018 el número total de cerdos beneficiados fue de 4.427.301 cabezas (cb), cifra que representa un crecimiento de 7% respecto a 2017 (4.135.990), alcanzando una producción de 409.789 toneladas (Tm), es decir un 10.4% por encima de lo registrado en 2017 (371.347 Tm). Y en relación al consumo per cápita, este llegó a los 10,3 Kg/Hab, evidenciando un aumento de 12.1% respecto al año 2017, cuando en ese entonces se consumían 9.2 Kg/Hab. (Asociación Porkcolombia-FNP, 2018).

De acuerdo con las cifras presentadas anteriormente, el consumo de carne de cerdo en Colombia y el mundo muestran una dinámica de crecimiento, debido a la demanda del producto y el crecimiento normal de la población, población que aún si se estabiliza, seguirá demandando alimentos con contenido de proteína y otros nutrientes esenciales como los provenientes de la carne animal. Además, anclado al crecimiento y demanda de la producción de carne de cerdo coexistirán los impactos sociales y ambientales, y por lo tanto es necesario migrar hacia esquemas agropecuarios sostenibles a mediano y largo plazo.

## **Sostenibilidad y el desarrollo sostenible**

Para adoptar la sostenibilidad en el sector agropecuario porcino, es necesario definir ¿qué es sostenibilidad y desarrollo sostenible?

El concepto *desarrollo sostenible o sustentable*, fue adoptado por primera vez en el Informe Brundtland en el cuál se introduce el concepto de desarrollo sostenible, “Está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (UN, 1987).

Según Norton (1992), hay dos tipos de nociones de *sostenibilidad* que responden a diferentes paradigmas. Una *sostenibilidad débil* formulada desde la economía estándar y una *fuerte* formulada desde la racionalidad de la economía física que es la termodinámica y de la economía de la naturaleza que es la ecología. De acuerdo con Bergh y Jeroen (1996) existen diversos puntos de vista teóricos sobre el *desarrollo sostenible*, que pueden derivar en distintas formas de abordarlo, como las teorías neoclásica-equilibrio, neoaustriaca-temporal, ecológico-evolutiva, tecnológico-evolutiva, entre otras.

Los diferentes conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible mencionados anteriormente, generan un desafío teórico y conceptual sobre los cuales se plantean las estrategias para lograr una actividad sostenible. Al abordar la sostenibilidad de un sistema como el del sector agropecuario, este puede ser visto desde la entropía y la irreversibilidad de los flujos de materia y energía, o desde un enfoque reduccionista utilitarista analizando de forma separada la dimensión económica, la dimensión ambiental y la dimensión social con una fuerte incidencia antropocéntrica de oferta y demanda sobre los recursos naturales, es decir, donde la satisfacción de las necesidades humanas de las generaciones presentes y futuras tienen prelación sobre las de otros seres vivos.

## Sostenibilidad en la agricultura

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y al Agricultura (FAO) ha definido el desarrollo agrícola sostenible como “la gestión y conservación de la base de recursos naturales y una orientación del cambio tecnológico que garantice el logro de la continua satisfacción de las necesidades naturales para las actuales y futuras generaciones. Una agricultura sostenible conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales; no degrada el ambiente y es técnicamente apropiada, económicamente viable y socialmente aceptable”, y se enfoca en cinco (5) principios de la sostenibilidad descritos a continuación (FAO, 2015):

- Mejorar la eficacia en el uso de los recursos es crucial para la sostenibilidad de la agricultura
- La sostenibilidad requiere actividades directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales

- Una agricultura que no logra proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social es insostenible
- Reforzar la resiliencia de las personas, comunidades y ecosistemas es fundamental para una agricultura sostenible
- Una alimentación y agricultura sostenibles necesitan mecanismos de gobernanza responsables y eficaces.

De acuerdo con las diferentes definiciones abordadas en el capítulo Sostenibilidad y el desarrollo sostenible, puede deducirse que la FAO se basa en la *sostenibilidad débil* ya que el sistema se adapta desde tres dimensiones (ambiental, social y económica) independientemente si el ecosistema terrestre está diseñado, para soportar un cambio drástico en la biodiversidad generado por la intervención antrópica de producción masiva de especies monogástricas como los cerdos, mas no, el ser humano y sus actividades pecuarias de subsistencia adaptados al entorno natural.

La actividad porcícola depende de los servicios ecosistémicos que presta el entorno natural, y es evidente que la demanda de recursos es un factor primordial para lograr cubrir las necesidades proteicas de la población actual y futura. Por esto, los retos en la actividad agropecuaria deben encaminarse en gestionar los impactos locales, regionales, nacionales y transnacionales de las actividades familiares o industriales abarcando toda la cadena de suministro.

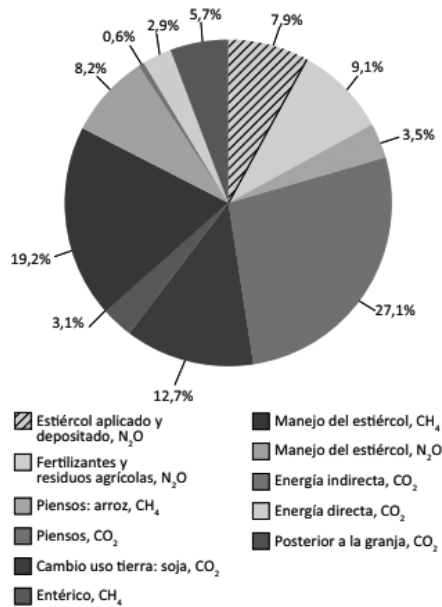
La gestión de la actividad porcícola debe diseñarse para la mitigación de impactos así como para la adaptación a amenazas derivadas de la vulnerabilidad climática, el cambio climático, la pérdida del recurso suelo y en general a la disminución de recursos naturales por uso, demanda y/o aprovechamiento.

## **Cambio climático y porcicultura**

La identificación de los problemas ambientales mundiales como el calentamiento global, el ascenso del nivel medio del mar y del cambio climático, fue realizada a través del siglo XX con la actividad científica de diversos grupos de investigación. La primera alerta formal fue dada a finales de los años 80 del siglo XX por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que se formalizó en 1988 entre la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de

las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el objeto de realizar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. (CEPAL, 2009)

A nivel mundial, se estima que la producción de cerdos genera alrededor de 668 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_{2eq}$ ), esta cantidad equivale a un 9% de las emisiones del sector pecuario, y de este porcentaje se relacionan diferentes fuentes representadas en la Figura 1.



V

Figura 1. Emisiones globales de las cadenas de suministro de cerdos, por categoría de emisiones. Copyright 2019, FAO. Gerber, *et al.* (2013)

Las diferentes categorías de emisiones mostradas en la Figura 1, asociadas a los sistemas intensivos de producción porcina generan efectos medioambientales relacionados con la producción y acumulación de grandes volúmenes de subproductos como la porcinoza y el compost de mortalidad, así como los residuos biosanitarios, orgánicos y biodegradables.

Los principales efectos medioambientales en el sector porcícola ligadas a prácticas agrícolas incorrectas son la contaminación de aguas subterráneas por nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), acidificación producida por el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), contribución al efecto invernadero por la emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y problemas locales de olores, polvo y ruido (PigCHAMP Pro Europa; Porkcolombia-FNP, 2015).

A finales del 2015, se llevó a cabo en París, la reunión de la COP21<sup>2</sup>, donde Colombia presentó de manera autónoma su contribución nacional o Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (iNDC) para cumplir con la meta mundial de evitar el aumento de la temperatura promedio global por encima de los 2 °C. Esta contribución ha sido orientada hacia los siguientes objetivos:

- Reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del país en un 20% con relación a las emisiones proyectadas a 2030.
- Aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa del país, a través de 10 acciones sectoriales y territoriales priorizadas a 2030.
- Fomentar el intercambio de conocimiento, tecnología y financiamiento para acelerar las contribuciones planteadas en materia de adaptación y mitigación de GEI (García Arbeláez, Barrera, & Gómez, 2015).

Para cumplir lo anterior, los retos de la porcicultura en Colombia sobre la mitigación de gases de efecto invernadero, están relacionadas con las buenas prácticas ambientales (BPA) y las mejores técnicas disponibles (MTD) asociadas a una gama de alternativas dependientes de las características geográficas y de los actores involucrados en la toma de decisiones en la cadena de producción pecuaria. Porkcolombia-FNP ha desarrollado diversas estrategias para abordar la problemática en materia de adaptación y mitigación al cambio climático.

<sup>2</sup> Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, máxima instancia para la toma de decisiones de dicho instrumento legal internacional y que reúne a 196 países.



## Pilares de la sostenibilidad en el sector porcícola en Colombia

Recientemente, en Colombia, la Asociación Porkcolombia-FNP cuenta con el Programa de Sostenibilidad Ambiental y Responsabilidad Social Empresarial, cuyo objetivo es acompañar, capacitar a los productores y demás participantes del eslabón de producción primaria del sector porcícola nacional en el desarrollo de estrategias y acciones que permitan la correcta implementación así como la aplicación de las buenas prácticas ambientales (BPA); y la adaptación de mejores técnicas disponibles (MTD) como base para el cumplimiento de la normativa ambiental; así como la preservación - conservación del recurso hídrico, suelo y aire, que promuevan de esta manera un sector amigable con el medio ambiente y la comunidad (Asociación Colombiana de Porcicultores- FNP, 2019).

El programa de Sostenibilidad Ambiental y Responsabilidad Social Empresarial de Porkcolombia- FNP se enfoca en alinear la actividad porcícola con los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS (Naciones Unidas, 2018) al buscar promover un desarrollo rural sostenible con estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático a través del uso de energías renovables; preservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres; producción y consumo responsable dentro de una actividad económica y agropecuaria en crecimiento como sustento de muchas familias colombianas.

Porkcolombia- FNP ha definido cuatro pilares de la sostenibilidad para el sector porcícola en Colombia (Figura 2) con el fin de orientar al productor a desarrollar una actividad porcícola sostenible y se describen a continuación:

- Pilar 1. Aprovechamiento de subproductos como la porcínaza (sólida y líquida) y el compost de mortalidad como abonos orgánicos en la fertilización de una variedad de pastos y cultivos.
- Pilar 2. Autogeneración de energía a partir de fuentes renovables como el biogás y la energía solar entre otros.
- Pilar 3. Manejo de los ecosistemas a través de la reforestación y conservación de la biodiversidad
- Pilar 4. Responsabilidad social a través del trabajo con la comunidad

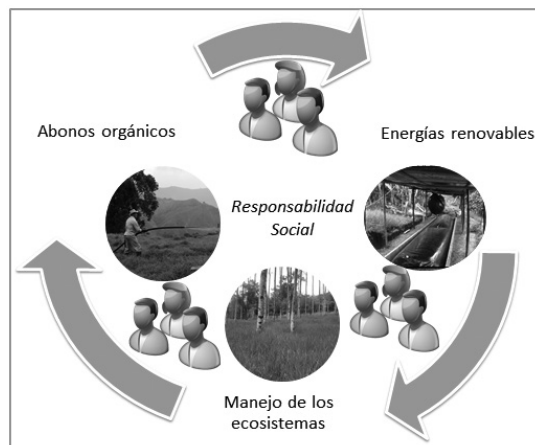


Figura 2. Pilares de la sostenibilidad para el sector porcícola en Colombia bajo un esquema de economía circular. Fuente: Los autores

Otra característica de la implementación de los cuatro pilares de la sostenibilidad del sector porcícola, es buscar contribuir al postconflicto en Colombia a través de la generación de empleo en zonas donde pueden instaurarse nuevos sistemas productivos. Resultado de esto, se permite gestionar los problemas socio-ambientales generados por la actividad porcícola al contribuir hacia una paz estable y duradera gracias al trabajo con comunidades generando valor agregado para las mismas, procurando el cierre de brechas existentes entre esta actividad agropecuaria y las comunidades. Ejemplo de esto, es cómo se puede ofrecer adicional a una proteína de calidad, el aprovechamiento de diferentes sub productos propios de la producción porcícola como son la porcinaza y el compost como parte importante para la fertilización de cultivos y de alternativas energéticas.

Para finalizar, los retos que abordan los cuatro pilares de Porkcolombia-FNP, son la base fundamental para trabajar en la sostenibilidad de toda la cadena de suministro, desde las materias primas hasta la disposición de residuos al final del proceso productivo.

## Retos en materia ambiental para el sector porcícola

Finalizando el año 2018, el gremio porcícola se adhirió a la Estrategia Nacional de Economía Circular de Colombia (ENEC), cuya finalidad es orientar a los diferentes sectores productivos a la generación de valor a través de la innovación y reconversión de procesos productivos más eficientes con el menor uso de recursos naturales.

Las metas globales de la ENEC se muestran en indicadores de intensidad energética de la producción nacional en relación con el PIB, la generación de gases efecto invernadero per cápita, la intensidad del compostaje y/o bio-digestión por tonelada de producto agrícola, el índice de materiales reciclados utilizados en productos, y el porcentaje de participación de energías renovables en la matriz energética del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

A continuación se citan tres (R1 repensar, R2 reducir y R3 reusar) de las nueve R's de la ENEC (R1 repensar, R2 reducir, R3 reusar, R4 reparar, R5 restaurar, R6 re-manufacturar, R7 re-proponer, R8 reciclar y R9 recuperar) con el objetivo de contextualizar aquellas acciones sobre las cuales el porcicultor debe trabajar respecto con el proceso de transformación del paradigma de la economía lineal hacia un enfoque circular en la cadena de valor (Figura 3).

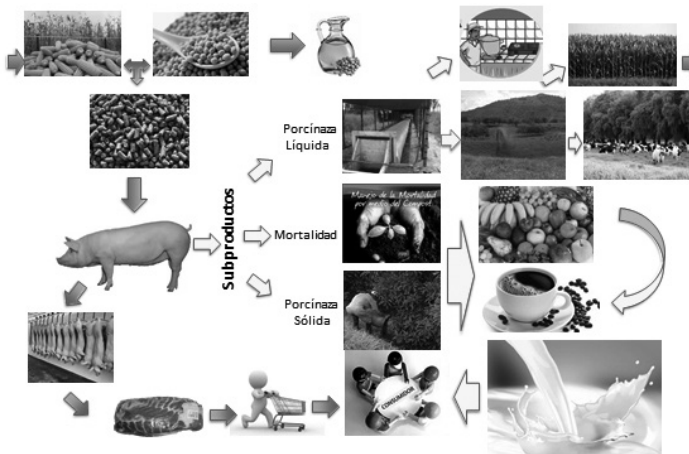


Figura 3. Cadena de valor del sector porcícola. Fuente: Los autores.

Para el sector porcícola las estrategias de 3R's pueden aplicarse por ejemplo de la siguiente manera:

“Repensar”: Orientar la porcicultura a un negocio verde. Para esto es importante que el porccultor realice las siguientes preguntas de su producción:

El negocio porcícola,

- ¿Promueve patrones de producción y consumo sostenibles de bienes y servicios de los negocios verdes y sostenibles?
- ¿Propicia la creación de una cultura alineada con principios ambientales, sociales y éticos.
- ¿Facilita la toma de decisiones a los consumidores (públicos o privados) al momento de elegir un bien y servicio?
- ¿Visibiliza una oferta de bienes y servicios de cara al mercado nacional e internacional?

De acuerdo a las respuestas anteriores el porccultor podrá identificar si su producción puede llegar a ser un negocio verde.

“Reducir” Es importante realizar levantamiento de línea base de la granja porcícola, es decir es necesario realizar: medición de huella hídrica, caracterización energética, medición de huella de carbono, emisión de Toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al peso del cerdo en pie, y finalmente caracterización de residuos sólidos orgánicos, ordinarios y peligrosos.

“Reusar” Responsabilidad extendida del productor. Participación en campañas de residuos posconsumo. El objetivo es que los residuos posconsumo no tengan una disposición final junto con residuos domésticos generando impactos ambientales y a la salud humana.

A continuación se presenta bajo el marco de marco de valorización y aprovechamiento de subproductos las vías más eficientes para la optimización en la gestión y desempeño ambiental en una producción porcícola de acuerdo a las 3 R'S:

## **Porcinaza como fertilizante**

En la producción orgánica comercial, la fertilización representa un 40% de los costos de producción, debido a los altos precios de los abonos o fertilizantes orgánicos disponibles en el mercado. Considerando las bondades de la porcinaza como fertilizante orgánico de cultivos y los beneficios que le proporciona al suelo, representados en incrementos importantes de la productividad, sin lugar a dudas, este subproducto de la producción porcícola puede convertirse en una materia prima fundamental que impulsará la agricultura orgánica comercial, generando una fuente de ingresos para los porcicultores, y optimizando la rentabilidad en los costos de producción de los porcicultores (Asociación Colombiana de Porcicultores- FNP, 2013). Con esta práctica se aplica la R de “Reusar” ya que lo que sería considerado como un vertimiento se convierte en una materia prima para la producción.

## **Compostaje de mortalidad**

Un residuo que es considerado peligroso como lo es la mortalidad por sus características anatomopatológicas, en el imaginario colectivo se pensaría que el deber ser del tratamiento es la contratación de un gestor de residuos peligrosos para realizar la recolección, incineración y disposición final de estos; pero en las granjas porcícolas bajo la premisa de economía circular a través del compostaje se trata “in situ” el residuo de mortalidad y posterior a que se surtan las tres fases (mesófito, termófilo y maduración) se obtiene un abono orgánico de excelente calidad para la agricultura. Con ésta práctica se aplica la R de “Reducir”, es decir que se transforma lo que en principio es considerado un residuo peligroso, por un abono orgánico de excelente calidad para la agricultura, generando un impacto positivo para el ambiente por la disminución de tratamiento y disposición final de éste tipo de residuos y mejorando la rentabilidad de la granja por sustituir un abono químico por uno orgánico.

## Generación de biogás

Otra vía de aprovechamiento de la porcínaza líquida es el uso de éste subproducto como biomasa para procesos de generación de biogás mediante la digestión anaerobia a través del uso de biodigestores. La porcínaza líquida se puede digerir anaerobiamente, ya que su contenido de materia orgánica y de nitrógeno facilita este tipo de proceso. En la digestión anaerobia se reduce los carbohidratos, las proteínas y las grasas contenidas en la porcínaza hasta gas metano y dióxido de carbono, pasando por cuatro etapas básicas, hidrólisis, acidogénesis, acetanogénesis y metanogénesis.

A través de éste biogás el productor puede generar energía eléctrica para autoconsumo, biogás para cocción de los alimentos y energía térmica para calentamiento de caldera o suministro de calor para los lechones. Mediante éste aprovechamiento se aplica la R de “Repensar”, ya que se involucra la implementación y transformación tecnológica, contribuyendo así como el ambiente mediante la generación de energías limpias y reducción de costos en tarifas de energía y gas.

## Conclusiones

Los esfuerzos de organizaciones en Colombia como Porkcolombia-FNP y la FAO a nivel internacional, han adoptado estrategias para encaminar a la actividad agropecuaria de cerdos hacia un desarrollo sostenible integrando las dimensiones social, ambiental y económica. Los retos de adoptar una porcicultura sostenible son diversos, pero ya se está trabajando en estrategias para abordarlos.

Desde el informe Bruntland “*Nuestro futuro común*” y las diferentes teorías y conceptos, se han generado diversas estrategias para trabajar en una porcicultura sostenible. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y al Agricultura (FAO) a través de cinco (5) principios clave de sostenibilidad ha optado por un enfoque de sostenibilidad débil abarcando sectorialmente las dimensiones económica, social y ambiental.

Las buenas prácticas ambientales (BPA) y las mejores técnicas disponibles (MTD) en la producción porcina para el manejo de los impactos ambientales son herramientas necesarias para que la porcicultura

migre hacia una actividad ambientalmente responsable, minimizando los conflictos con los diversos grupos de interés y no desequilibre la estabilidad económica de la actividad productiva.

El crecimiento en la producción y consumo de la carne de cerdo a nivel mundial y en Colombia impulsó el desarrollo de cuatro (4) pilares de sostenibilidad a través de Porkcolombia-FNP y a la adaptación de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) mediante el enfoque de tres (3) de las nueve (9) R's en las cuales se enmarca. Repensar, reducir y reusar son esenciales para afrontar los retos ambientales de la porcicultura a partir del aprovechamiento de subproductos como la porcínaza (un fertilizante), la mortalidad (compost) y el biogás (fuente de energía renovable) para transformar la porcicultura en un negocio verde.

En conclusión, gracias a los esfuerzos de organizaciones en Colombia como el Fondo Nacional de la Porcicultura Porkcolombia-FNP y la FAO a nivel internacional, se han adoptado estrategias para encaminar a la actividad agropecuaria de cerdos hacia un desarrollo sostenible. Los retos de adoptar una porcicultura sostenible son diversos, y es necesario conceptualizar y poner en práctica las herramientas disponibles para el sostenimiento de la actividad porcícola a mediano y largo plazo.

## Bibliografía

- Asociación Colombiana de Porcicultores- FNP. (2013). Cartilla N° 4. Porcínaza líquida, el aprovechamiento total de un subproducto. Bogotá. Recuperado el 02 de junio de 2019, <https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2018/07/Minicartilla-004.pdf>
- Asociación Porkcolombia-FNP (2018). Informe de Gestión 2018. Recuperado el 02 de junio de 2019, <https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2019/03/1.Informe-de-Gestion-2018.pdf>
- Asociación Colombiana de Porcicultores- FNP. (2019). Programa de Sostenibilidad Ambiental . Obtenido de Sitio web Asoporcicultores. Recuperado el 02 de junio de 2019, <https://www.miporkcolombia.co/programa/sostenibilidad-y-r-s-e/>
- Bergh, van den, y C.J.M. Jeroen (1996), "Sustainable Development and Management", *Ecological Economics and Sustainable Development: Theory, Methods and Applications*, pp. 53-79, Edward Elgar Publishing Cheltenham, Reino Unido.

- CEPAL (2009). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. Recuperado el 02 de junio de 2019, [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/S2009028\\_es.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/S2009028_es.pdf?sequence=1)
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. Recuperado el 02 de junio de 2019 de, <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>
- FAO (2015). Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles. Recuperado el 02 de junio de 2019, <http://www.fao.org/3/a-i3940s.pdf>
- FAO. (2017). Resultados Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial GLEAM 2.0 – Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero y su potencial de mitigación. Recuperado el 02 de junio de 2019, <http://www.fao.org/gleam/results/es/>
- García Arbeláez, C., Barrera, X., & Gómez. (2015). El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. 2da, 31. WWF-Colombia.
- LEAD/FAO (2009). La sombra del ganado. Recuperado el 02 de junio de 2019, <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Estrategia de economía circular. Colombia.
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Recuperado el 30 de abril de 201e en, [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1801141\\_es.pdf?sequence=24&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1801141_es.pdf?sequence=24&isAllowed=y)
- Norton, B.B. (1992). Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health. *Ecological Economics*, vol. 14, n. 2, pp. 113-127
- OCDE/FAO (2017), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026, Éditions OCDE, París. Recuperado el 02 de junio de 2019: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-es). Capítulo 1.
- PigCHAMP Pro Europa; Asoporricultores-FNP. (2015). Guía de Mejores Técnicas Disponibles para el Sector Porcícola en Colombia.
- UN, (1987). Our Common Future: Brundtland Report, recuperado el 2 de junio de 2019 de: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf)





# La educación sustentable por medio de acciones en algunas universidades españolas y su comparación con el Centro Universitario de Tonalá

Carlos Jesahel Vega Gómez

## Introducción

Los estragos ocasionados en el planeta por las actividades humanas asociadas a la producción directa o indirecta de gases de efecto invernadero, tienen a la sociedad al borde de una catástrofe medio ambiental, tan solo en este último año se han tenido temperaturas récord, como las registradas en la ciudad francesa de Gallargues-le-Montueux, que en el mes de junio alcanzó los 45.9°C, una temperatura similar a la que se registra en el desierto del “Valle de la Muerte” en California, durante los meses de agosto. El cambio climático es sin duda uno de los temas más importantes dentro de la agenda mundial, de acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), “éste se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables”.

Si observamos la definición sobre cambio climático de la CMNUCC así como muchas otras, el factor común son las actividades humanas, por tanto, cada una de las acciones que conllevan la participación del humano, se encuentran íntimamente ligadas a la afectación de su entorno.

Es por ello que los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el mes de septiembre de 2015 adoptaron los 17 objetivos del desarrollo sostenible (ODS) que conforman la Agenda 2030, estos objetivos buscan un mundo sostenible, sin embargo, no son de observancia obligatoria por parte de los 150 países reunidos en ese evento.

Como se mencionó, el humano es el factor común que debe intervenir en la vulnerabilidad del entorno, y para ello existe una pieza clave, la educación. Si a un ciudadano se le enseña desde pequeño a colocar, separar, reducir o reutilizar la basura, tendremos un problema menos en que preocuparnos, pero, y ¿qué pasa con los demás problemas? como son: el uso y reutilización del agua, el consumo energético y su producción, la contaminación por los medios de transporte, la producción de alimentos, la protección de la fauna y la flora de los diferentes ecosistemas, por mencionar algunos, la lista es muy grande y en una sociedad de consumo y con una economía basada en tener más, sin preocuparse por la generaciones futuras y el resto de miembros de este planeta que son los animales y plantas, están ocasionando un punto de no retorno.

Este documento no aborda las acciones de la educación básica o media superior, se basa en las acciones que las Instituciones de Educación Superior (IES), se encuentran desarrollando, el motivo es claro, en la IES se encuentran estudiando, los futuros administradores de empresas, gobernantes de estados o naciones, los CEO de corporativos, y en ellos se debe generar esa conciencia para que tomen las decisiones acertadas para el bien común. Es por ello que en las Universidades se han elaborado diferentes acciones que permiten, en cierta medida impactar en la conciencia y la educación de los miembros de éstas. La pregunta obligada sería si esta acción se refiere a que ¿las universidades incorporan en la currícula de sus carreras unidades de aprendizaje que se relacionen con el medio ambiente?, la respuesta es: No necesariamente, aunque lo ideal sería que cada una de las carreras sin importar la ciencia a la que pertenezca ofertara en su currícula alguna unidad de aprendizaje relacionada con el medio ambiente, no siempre es así, en algunos casos viene en una unidad de aprendizaje, o los temas se encuentran de forma transversal en los contenidos y aun con ello, no asegura que el estudiante, por llevar un curso y aprobarlo, cambie su forma de comportarse con su entorno.

Es por ello que las IES han conformado campus sustentables, donde los estudiantes y miembros académicos y administrativos, son parte de acciones contra el cambio climático, estas acciones están a la vista de todos y forman a los individuos no en una clase, si no en su quehacer del día a día en las escuelas o campus. En este documento se hablará de la experiencia en algunas Universidades Españolas y su comparativa con el Centro Universitario de Tonalá, de la Universidad de Guadalajara en México.

## La organización de las Universidades Españolas.

Existen algunas clasificaciones que evalúan la sustentabilidad de las universidades a nivel mundial, uno de estos rankings es el GreenMetric de la Universidad de Indonesia (UI GreenMetric, 2019), esta iniciativa inicio en el año 2010, y en el año 2019 la participación fue de 719 universidades. Uno de los países con mayor participación de IES, es España con 28. En este trabajo se presentarán acciones de las siguientes universidades españolas: la Universidad de Alcalá de Henares, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Rey Juan Carlos de España, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad Politécnica de Valencia.

En 1994, universidades españolas conformaron la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), constituida por 76 universidades, 50 públicas y 26 privadas. Esta asociación fomenta las relaciones entre las universidades, la sociedad, el sector productivo, nacional e internacional y el gobierno. Su visión es: “Velar por Garantizar la mayor cohesión y calidad del sistema universitario español en su conjunto y contribuir a la evolución y al progreso de la sociedad actual y futura, a través de la mejora de la educación superior, la investigación científica y la transferencia del conocimiento”.

La CRUE en el año 2004 a nivel nacional, crea un grupo de trabajo que fomenta la actuación de desarrollo sostenible y la calidad ambiental en las universidades españolas, este grupo era denominado Comisión Sectorial de Calidad Ambiental, Desarrollo Sostenible y Prevención de Riesgos (CADEP) y en la actualidad es llamada CRUE-Sostenibilidad. En el año 2007 este grupo de trabajo genera una Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria (GESU), el cual es una herramienta que contiene indicadores que evalúan el nivel de sostenibilidad ambiental implementado por cada universidad y que a su vez funciona como un instrumento de mejora continua. La última versión del GESU se generó en el año 2017 y es llamada Sistema de Evaluación Ambiental de la Universidad Española GESU-CRUE v3. Las áreas que evalúa son Organización, Docencia e investigación y la Gestión ambiental.

En el área de Organización se revisa la Política de sostenibilidad ambiental y la implicación y sensibilización de la comunidad universitaria; en el área de Docencia e investigación, la docencia y la investigación y transferencia de conocimiento, por último, el área de Gestión

ambiental, el urbanismo y biodiversidad, energía, agua, movilidad, residuos, compra verde y la evaluación del impacto ambiental de las actividades universitarias.

Bajo este esquema las universidades españolas han implementado diferentes acciones que a continuación se comentarán desde la perspectiva de esta investigación, destacando algunas de las acciones más relevantes de cada una de ellas.

### **Universidad de Alcalá de Henares.**

En el caso de la Universidad Alcalá de Henares (UAH) se encuentra en el puesto 16 a nivel mundial del ranking GreenMetric 2018, pero es la número 1 de las universidades españolas participantes. Esta universidad cuenta con una oficina de participación y análisis e iniciativas ambientales llamada Ecocampus Alcalá, se constituye como la oficina impulsora de iniciativas medioambientales, donde busca la participación de la comunidad universitaria. Dentro de las acciones se encuentra la Carta de la Universidad de Alcalá para el Desarrollo Sostenible, la Declaración de Política Ambiental de la UAH y el Programa de Calidad Ambiental de la UAH. La universidad cuenta con el Real Jardín Botánico Juan Carlos I, cuyas dimensiones son de 260,000 metros cuadrados y cuenta con 8000 especies diferentes de plantas, en sus instalaciones cuentan con una fotolinera para la carga de vehículos eléctricos de la propia universidad. Parte relevante es la conservación de la flora, con el banco de semillas del jardín botánico y las visitas monográficas que dan al interior por expertos del jardín.



Figura 1. Fotolinera del Jardín botánico de la UAH

La UAH también es líder en eficiencia energética y energías renovables, la forma en como la UAH tiene esta distinción es por medio de la licitación del proveedor de energía eléctrica, al cual le solicitan desde la licitación que certifique que la energía suministrada proviene de fuentes energéticas renovables, sobre el estudio termográfico realizado en sus instalaciones, con el fin de hacer más eficiente el consumo energético, el mismo fue elaborado por la misma empresa que suministra la energía eléctrica, sin embargo, las acciones emprendidas al interior de los edificios universitarios, como el control de aire acondicionado y el uso de las instalaciones en horarios específicos son de gran utilidad al interior de la UAH.



Figura 2. Presentación de las aves de la UAH

La universidad al interior cuenta con un programa de movilidad sostenible en el Campus Científico Tecnológico, contando con carriles de bicicletas de alquiler e isla de bicicletas. La UAH cuenta con separación de residuos, y con una serie de espacios donde se identifica el tipo de aves

que pertenecen al campus. También al interior del Campus Científico Tecnológico, está la sede del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados IMDEA Agua. En el tema de enseñanza e investigación la UAH es puntera ya que su programa de estudios en Ciencias Ambientales es de los mejores evaluados de España.



Figura 3. Ciclopuertos de Ecocampus UAH

## Universidad Autónoma de Madrid

La Universidad Autónoma de Madrid (UAM), se encuentra en el lugar 55 del GreenMetric y es la tercera universidad española en dicho ranking. La UAM cuenta con una oficina Ecocampus desde el año de 1997 y se encuentra en el edificio de la Plaza Mayor de la UAM en el Campus de Cantoblanco, en la cual se encuentran instalados paneles solares y frente a este edificio se cuenta con un estacionamiento techado con paneles fotovoltaicos los cuales son parte del proyecto “Ola Solar” iniciado en febrero del

2008, dicho proyecto es en colaboración de la UAM y la Fundación Tierra y busca aprovechar los espacios universitarios como terrazas, techos y estacionamientos para colocar paneles fotovoltaicos, la iniciativa promueve que los participantes miembros de la comunidad universitaria sean propietarios de la energía producida por las fuentes renovables, esta iniciativa incentiva la participación de la comunidad y crea conciencia en la generación de energía eléctrica.



Figura 4. Estacionamiento con paneles solares y plaza mayor de la UAM parte del proyecto Ola Solar

Las instalaciones de la UAM cuentan con el Centro integral de la bicicleta de la Universidad Autónoma de Madrid (CibiUAM) conformado en 2009, el cual fomenta el uso de la bicicleta como medio de transporte y sensibiliza sobre la movilidad sustentable. El servicio que otorga el CibiUAM a su comunidad universitaria es: préstamo de bicicletas, taller de reparación y mantenimiento, centro de documentación de bicicletas y movilidad sustentable, rutas seguras para movilidad en bicicleta y llegan a hacer mercadillos de venta de bicicletas y accesorios de segunda mano. La UAH también cuenta con una aplicación móvil para sistemas Android e IOS, llamada Rutas UAM 50, en ella se ofrecen cuatro recorridos: la etnobotánica, la mediterránea y la de plantas singulares, tres para el campus Cantoblanco y una para el campus de Medicina con una temática botánica. Estos campus cuentan con áreas verdes y la oficina Ecocampus ha desarrollado libros y folletos con las especies de aves que son parte del entorno universitario.



Figura 5. Ejemplos de la aplicación Rutas UAM 50 de la UAM donde se muestra una ruta y las fichas de los árboles.

La oficina Ecocampus junto a la asociación Amigos de la Tierra, han desarrollado programas de Voluntariado Ambiental, que consisten en actividades estudiantiles no remuneradas, en las que los participantes prestan servicios medioambientales en los Parques Nacionales de España, obteniendo con ello conocimientos y contribuyendo en la conservación y mejora de la naturaleza, desde hace ya 15 años, formando parte del Plan de Sensibilización y Voluntariado en la Red de Parques Nacionales.





Figura 6. Recolectores de reciclado de ropa en la UAM

## Universidad Rey Juan Carlos de España

La Universidad Rey Juan Carlos de España (URJC) se encuentra en el lugar 85 del GreenMetric y ocupa el quinto puesto en ese ranking por España, esta universidad cuenta con una Oficina Verde, la cual se encarga de las actividades medio ambientales en la universidad, que cuenta con cinco campus, siendo el campus de Móstoles donde se encuentra el Rectorado de la Universidad y la Oficina Verde.

Se ha incorporado una guía de buenas prácticas para un uso sostenible de las TIC, en la que se abordan temas como la huella ecológica en la navegación en internet, la descarga de documentos en línea vs la impresión, el uso de video llamadas contra los desplazamientos físicos, entre otros como la compra de dispositivos electrónicos. La Unidad de Eficiencia Energética (UNEFE) tiene como propósito mejorar la eficiencia energética, la reducción de la huella ambiental de la comunidad universitaria, con la implementación de sistemas de gestión y la optimización del consumo energético, en el 2014 obtuvo la certificación del Sistema de Gestión de Energía bajo la norma UNE ISO 50001:2011.



Figura 7. Lámparas de exteriores de tecnología LED en la URJC

Cuenta con ciclos de cine relacionados con el medio ambiente, campañas de sensibilización para reducir la huella ecológica, concursos de fotografía y video para la campaña UNISINPLASTIC, por mencionar algunos. Dentro del campus se tiene la tradición de que cada generación de egresados planta un árbol en un corredor que representa dicha generación, dentro de las instalaciones del comedor cuentan con un repositorio de envases de aluminio y vidrio que dan una recompensa a los estudiantes que reciclan en sus credenciales de identificación.



Figura 8. Repositorio de envases de aluminio y vidrio en el comedor de la URJC

Una parte muy importante de las acciones de la Oficina Verde es que varias de sus iniciativas reconocen créditos por asistencia y participación en las evaluaciones de los estudiantes, esto con el objetivo de que el estudiante sea un ciudadano comprometido con la sociedad, consiente de la protección del medio ambiente y de ser participe en la reducción de la huella de carbono. El Reconocimiento Académico de Créditos (RAC), en el que se reflejan los créditos de los estudiantes, cuenta con el Curso de Sostenibilidad: Criterios y Toma de Decisiones de la Universidad Rey Juan Carlos, elaborado por la Oficina Verde, este curso cuenta con el apoyo de herramienta de cálculo de la Fundación Vida Sostenible, aportando los siguientes datos: Energía en el hogar, Residuos, Agua y Transporte, a su vez el curso cuenta con una serie de contenidos que fomentan en los estudiantes la conciencia en el uso de los recursos, son cuatro módulos de 20 horas cada uno de carácter obligatorio al inicio del semestre. Este curso lo pueden cursar cualquier carrera de las que se imparten en la URJC, el trabajo de este curso es tan relevante que la CRUE lo ha autorizado para su uso en todas las universidades que así lo consideren.

## Universidad Autónoma de Barcelona

La Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) ocupa el lugar 37 del ranking GreenMetric y es la segunda de las universidades españolas, la UAB cuenta con una Oficina Verde que generó el Plan de Acción para la Sostenibilidad, en el que se estructuran cuatro líneas estratégicas, territorio y biodiversidad, gestión de energía, agua y residuos, ambientación interna en la que se identifican la contratación de bienes y servicios incorporando criterios ambientales y por último la comunicación y participación ambiental.



Figura 9. Ciclopuerto de la UAB debajo de la estación de trenes.

Dentro de los temas de gestión de la energía y agua, cuenta al interior del campus con instalaciones fotovoltaicas y con instalaciones térmicas para calentamiento de agua para las instalaciones deportivas. Se reutiliza el agua para zonas con jardines y cuenta con medidores del consumo interno de cada edificio.



Figura 10. Instalaciones deportivas con calentadores solares de agua en la UAB

## Universidad Politécnica de Valencia

La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ocupa el lugar 85 del ranking y tiene el sexto lugar de las universidades españolas, en la UPV se crea la primera Oficina Verde en 1993 de las universidades españolas, ahora llamada Unidad de Medio Ambiente. Las líneas de trabajo son: Gestión ambiental, Gestión de residuos, Ambientalización curricular, Gestión de centro de documentación, Formación ambiental, Auditorías Ambientales y Voluntariado Ambiental.

La UPV es pionera en el desarrollo de normas de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en las universidades españolas, siendo la primera en certificar, escuelas, industrias y otros en la norma UNE-EN- ISO 14001, la UPV busca certificarse en ECO- Management and Audit Scheme (EMAS) reglamento comunitario de ecogestión y eco auditoría. El SGA responde a los ODS 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 y 15. La gestión de residuos no se basa en solo colocarlo en el contenedor adecuado, sino que lleguen al destino correcto. El control de ruido es una actividad desarrollada en

la UPV, haciendo un mapeo de los ruidos producidos en el campus, y a partir de ello se recomiendan los valores recomendados según las instalaciones basándose en la Ordenanza Municipal de Ruido y Vibraciones del Ayuntamiento de Valencia y la Ley 7/2002.

Los planes ambientales anuales de la UPV son: Plan ambiental, Plan de difusión ambiental, Acciones de formación y participación ambiental, Plan estratégico de movilidad sostenible de la UPV y los planes específicos de control de aspectos ambientales (ruido, vertidos, emisiones).



Figura 11. Declaración Ambiental 2017 de la UPV

La UPV cuenta también con cursos de temáticas ambientales, materiales de divulgación como la colección completa de Costeau y de National Geographic, al interior de la UPV se tienen ciclo puertos y espacios de movilidad en bicicleta que conviven con la infraestructura de la ciudad de Valencia.

## Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara.

El Centro Universitario de Tonalá (CUT) de la Universidad de Guadalajara (UDG) en México, es el centro más nuevo de la red de 15 campus de nivel superior con los que cuenta la UDG, de los cuales seis son temáticos y el resto multitemáticos. El CUT es uno de los centros multitemáticos y que a su vez se encuentra en la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el Municipio de Tonalá, este centro fue fundado en 2012 en sedes alternas a su actual ubicación, sin embargo, en la actualidad es el más sustentable de la red universitaria. La pregunta es: ¿Cuáles son esas iniciativas que lo han convertido en un campus sustentable?



Figura 12. Centro Universitario de Tonalá.

Comenzando por que el CUT recibió la Certificación como Líder Ambiental, por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) del Estado de Jalisco, esta distinción acredita que las acciones concretas sobre el impacto ambiental es positivo hacia la comunidad, y que los procesos productivos o de servicios reducen riesgos ambientales y cuentan con indicadores de desempeño ambientales que demuestran la reducción de la huella de carbono al interior de las instituciones certificadas. El CUT destaca por la separación de residuos, así como su manejo, edificios sustentables, alumbrado con tecnología LED, gestión del agua y conservación de la biodiversidad.



Figura 13. Edificios sustentables en el CUT y flora endémica

El CUT cuenta con un huerto solar con 1560 paneles en 4000 metros cuadrados, que suministra el 90% de la energía que consume en el campus siendo 499 KVA, este huerto también sirve como un laboratorio vivo, a su vez se cuentan con dos quioscos fotovoltaicos que sirven para la carga de equipos electrónicos en los jardines, teniendo unas mesas



con sombrillas de colores verde y beige, donde las primeras cargan los dispositivos con esa infraestructura y las segunda con energía de la red, algunos de los edificios cuentan con sensores de movimiento para el encendido y apagado de las luces interiores y todo el campus en su alumbrado exterior cuenta con lámparas con panel fotovoltaico, sensor de presencia y almacenamiento para la iluminación inteligente de los espacios comunes. Como parte de la eficiencia energética se cuenta con un sistema de monitoreo de consumo en los edificios, a través de sensores y aplicaciones web, que se encuentra desarrollándose por parte de los investigadores y estudiantes de las carreras de Ingeniería del CUT.



Figura 14. Huerto solar con 1560 paneles del CUT

El CUT cuenta en sus instalaciones con el Instituto de Energías Renovables de la Universidad de Guadalajara (IER-UDG), este instituto de la red cuenta con laboratorios de investigación para la solución de problemas sociales utilizando desarrollos de ciencia y tecnología, en el instituto participan las carreras de Ingeniería en Energía, Ingeniería

en Nanotecnología e Ingeniería en Ciencias Computacionales, además de las Maestrías en Agua y Energía, con temáticas de Ciencias y profesionalizantes además del Doctorado en Agua y Energía perteneciente al padrón de posgrados de calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) todos ellos programas de estudio del CUT.



Figura 15. Instituto de Energías Renovables de la UDG en el CUT

El CUT cuenta con el Programa Integral de Sustentabilidad Ambiental (PISACUT), donde colabora la comunidad del CUT en actividades como la separación de residuos, teniendo contenedores identificados, se aprovechan los residuos orgánicos para la generación de composta; participa en las pláticas de inicio de ciclo para estudiantes de primer ingreso sobre la sustentabilidad en el CUT, y actividades como la conservación de la biodiversidad, debido a que el CUT se encuentra entre dos presas y la convivencia con fauna es muy común. El CUT cuenta con 2.5 km de ciclovías y 8 bicipuertos dentro de sus instalaciones; como parte de la difusión y concientización se construyó la Plaza Paris en honor de los países firmantes del Acuerdo de Paris, se presentan en la CINETECA del

CUT, películas con temáticas medio ambientales; a su vez se tienen tres invernaderos, dos para el cultivo de hortalizas y uno más para la reproducción de plantas endémicas, en ese sentido se cuenta con un censo del arbolado a partir de identificadores y se sigue con la plantación de arbolado conforme al diseño de un alboretum. La gestión del agua es importante por ello el CUT cuenta con una planta de tratamiento de agua, así como baños de poco consumo de agua, como parte de las acciones se cuenta con canales para el envío del agua a zonas de recarga, y el nuevo estacionamiento del CUT permite la filtración del agua.



Figura 16. Ciclo pistas, ciclopuertos y recolectores de basura

Los vehículos del CUT son híbridos y eléctricos, salvo los de carga que son de gasolina, en el caso de los eléctricos se cuenta con una electrolinera para su carga por medio de paneles solares. Se cuenta con la aplicación AutoCUT en plataforma Android que permite compartir viajes con la comunidad universitaria. Actualmente se desarrolla un curso en línea para asignaturas con créditos en la plataforma Moodle para la conciencia sustentable en los estudiantes.



Figura 17. Electrolinería del CUT y vehículos eléctricos

## Comparativa del CUT y las IES de España.

Tanto la intención del Centro Universitario de Tonalá, de la Universidad de Guadalajara, como de las IES de España tiene como objetivo aplicar la sustentabilidad al interior de sus instalaciones, pero con un impacto social, que se traduce en el hecho de que los miembros de las comunidades universitarias sean parte de estas acciones y por consiguiente lo lleven a la comunidad en general. Cabe señalar que si observamos cada una de las actividades que realizan las IES españolas son parte también de las acciones que se realizan en el CUT. Se tienen certificaciones ambientales, se cuentan con programas de eficiencia energética y uso de energías renovables, existen en ambos casos programas de movilidad sustentable, la recolección y disposición de residuos en el que todas ellas lo implementan.

A su vez la difusión y enseñanza en los programas de estudio es identificado en las instituciones según sus normativas lo permiten. La

gestión del agua es un tema muy importante y revisado por todas las instituciones. Es por ello que el CUT cuenta con cada una de esas actividades, sin embargo, las aplicaciones tecnológicas no necesariamente buscan el mismo objetivo, unas van orientadas a movilidad mientras que otras a la botánica.

La pregunta obligada sería y ¿el CUT por qué no participa en el concurso de GreenMetric?, al ser parte de la Red Universitaria de la Universidad de Guadalajara, toda la red debe ingresar al concurso, y aunque cada Centro Universitario de la UDG, cuenta con acciones que van dirigidas a la sustentabilidad, se debe continuar desarrollándolas, además se deben conocer los instrumentos de evaluación del GreenMetric para definir acciones de medición al interior de la institución.

Lo rescatable de esta investigación sería que la UDG debe incidir más desde los órganos de gobierno centrales, hacia la red misma, procurando que los planes de sustentabilidad y programas como el de transición energética sean aplicados al interior de la red, no por participar en un concurso, sino más bien por incidir en la sociedad, a través de los individuos que se forman en nuestras aulas.

## Agradecimientos

Agradezco al Dr. Ricardo Villanueva, a la Mtra. Martha Gutiérrez y al Mtro. Sergio Graf de la Universidad de Guadalajara por su apoyo para la realización de esta investigación, agradezco también de la Universidad de Alcalá de Henares a Dra. Myriam Ortega coordinadora de Ecocampus Alcalá por su hospitalidad y humanidad, al Dr. Antonio Gómez Sal decano de la UAH por su explicación de los programas de medio ambiente en España, al Dr. Rosendo Elvira director del Jardín Botánico por su explicación y pasión por mantener uno de los jardines más bellos de la península, al vicerrector de campus ecológico Dr. Antonio Gómez y a la Dra. María de Jesús Vicerrectora de Responsabilidad Social por la explicación de la vida universitaria al interior de la UAH, al Dr. David Alba Hidalgo por su amabilidad y explicación de las condiciones de operación de la CRUE, al Dr. José Sánchez Ollero coordinador de la oficina Ecocampus de la Universidad Autónoma de Madrid por esa gran charla, productiva y alentadora, a la Dra. Consuelo Iriarte coordinadora de la Oficina Verde de la Universidad Rey Juan Carlos de España y a su equipo Rebeca, Andrea y Marco, que

están dejando huella en la universidad y por el proyecto de la RAC; de la Universidad de Barcelona al Dr. Oscar Marcos, a la Mtra. Judith Monlleo y el Dr. Pedro Moreno coordinadores y encargados de la gestión ambiental y de la coordinación técnica del Plan de Sostenibilidad de la Universidad de Barcelona, gracias por sus explicación y entusiasmo, al Dr. Pere Ysern de la Universidad Autónoma de Barcelona, al ser un gran anfitrión y mostrarme el interés las acciones del campus y a la Dra. Cristina Martí Barranco, por sus conocimientos y pasión en la conjunción de los proyectos, sobre todo orientados a la certificación de la Universidad Politécnica de Valencia. A todos ustedes gracias y espero verlos pronto en México.

## Referencias

- CRUE Corporativo Universidades Españolas. (2019) Universidades Españolas Consultado el 12 de julio 2019 en <http://www.crue.org/SitePages/QueEsCrueUniversidadesEspa%C3%B1olas.aspx>
- CRUE Corporativo Universidades Españolas. (2017) Diagnostico de la Sostenibilidad Ambiental en las Universidades Españolas. Grupo de Trabajo Sobre Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria. Consultado el 20 julio 2019 [http://www.crue.org/Boletin\\_SG/2018/2018.04.10%20Informe%20Sostenibilidad%20Universidades%20v3.4.pdf](http://www.crue.org/Boletin_SG/2018/2018.04.10%20Informe%20Sostenibilidad%20Universidades%20v3.4.pdf)
- CUT Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. (2018). Recibe certificación como líder Ambiental. Consultado el 15 de mayo 2019 en <http://www.cutonala.udg.mx/noticia/recibe-cutonala-certificacion-como-lider-ambiental>
- FVS Fundación Vida Sostenible. (2018). Mide tu huella ecológica personal: las cuatro encuestas temáticas. Consultado 15 de abril 2019 en <http://www.vidasostenible.org/ciudadanos/mide-tu-huella-ecologica/>
- OUE Operadora Universitaria de Energía. (2017). Universidad de Guadalajara. Consultado el 13 de abril 2019 en <http://www.energiauniversitaria.com/>
- UAM Universidad Autónoma de Madrid. (2018) Rutas UAM 50. Consultado el 22 de julio 2019 en: <https://www.uam.es/UAM/RutasUAM50?idenlace=1446762614460&language=es>
- UDG Universidad de Guadalajara. (2017). Avanza el Programa Universitario de Transición Energética. Consultado el 12 de abril 2019 en

<http://www.udg.mx/es/noticia/avanza-el-programa-universitario-de-transicion-energetica>

UI GreenMetric World University Ranking. (2019). Universidad de Indonesia. Consultado el 20 de septiembre de 2019 en <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2018-2/>

URJC Universidad Rey Juan Carlos de España. (2016). Resultados de la huella ecológica de los alumnos del RAC Marzo-Mayo 2016. Consultado el 15 de julio 2019 en <https://oficinaverdeurjc.wordpress.com/2016/07/04/huella-ecologica-alumnos-rac-urjc-marzo-mayo-2016/>





---

# Sustainable and Interdisciplinary Extensionism

Paul Henry Gutierrez<sup>1</sup>

## Justification

Global reduction in agricultural productivity due to soil erosion and degradation, depletion of irrigation water supplies, and competing land uses is putting a squeeze on capacity to meet increasing worldwide demand for food and fiber. Couple this with the economic challenges posed by the high cost of fossil fuels and derived products, such as fertilizers, and struggling rural/farm economies, and it becomes clear that the continued success of Mexico's rural communities and agricultural systems is dependent upon our ability to maintain soil health and manage water resources through holistic approaches in conservation planning.

In order to benefit the smallholder farmers more directly, U of G Agriculture Engineering research, extension and professional practices approach must be applicable under the highly heterogeneous and diverse conditions in which smallholders live; it must be environmentally sustainable and based on the use of local and indigenous resources. The emphasis must be on improving whole farming systems at the field or watershed level rather than specific commodities. Technological generation must be demand-driven, which means that research priorities must be based on the socio-economic and environmental needs and circumstances of resource-poor farmers.

U of G believes Natural Resource Management between smallholder and commercial scale farmer's needs to be increased, especially in the marginal areas where the majority of poor people are concentrated. In order to benefit both smallholder and commercial scale farmers more directly,

---

<sup>1</sup> New Mexico State University

U of G has develop a research, extension and Professional Practices approach to directly and simultaneously prepares the next generation of agricultural professionals and, focuses on the following objectives:

- Poverty alleviation;
- Food security and self reliance;
- Ecological management of productive farming system;
- Empowerment of rural communities

To be of benefit to the smallholder and commercial farms, U of G will operate on the basis of a “bottom-up” approach, using and building upon the resources already available: local people, their knowledge, and their natural resources. U of G will take into consideration, through participatory approaches, the needs, aspirations, and circumstances of smallholders and lager commercial farms. A relevant strategy requires the use of general agroecological principles and customizing agricultural technologies to local needs and circumstances. Agroecological principles have universal applicability but the technological forms to be used depend on the prevailing environmental and socio-economic conditions of the target farmer group. Understanding of this will be of benefit to both smallholders and large-holders.

A logical starting point in the development of approaches are the very systems that traditional farmers have developed and/or inherited throughout centuries. Such complex farming systems, adapted to local conditions, have helped small farmers to sustainably manage harsh environments, and to meet their subsistence needs without depending on mechanization, chemical fertilizers, pesticides or other technologies of modern agricultural science. This knowledge will inform the R&D priorities for commercial agriculture development, help to establish sustainable smallholder agricultural enterprises.

The traditional crop management practices used by many resource-poor farmers represent a rich resource for modern workers seeking to create novel agroecosystems well adapted to local agroecological and socioeconomic circumstances. Farmers use a diversity of techniques, many of which fit well to local conditions and can lead to the conservation and regeneration of natural resource base as in the case of indigenous soil and water management practices in Mexico. The techniques tend to be

knowledge-intensive rather than input-intensive, but clearly not all are effective or applicable, therefore modifications and adaptations may be necessary. The challenge is to maintain the foundations of such modifications grounded in farmers' rationales and knowledge.

A university based *Sustainable and Interdisciplinary Extensionism* is an important opportunity that can help meet the challenges of small and limited resource landholders in Mexico, as well as larger commercial farmers and ranches. Drawing on successful Extensionism efforts in New Mexico/US and U of G/Mexico, this chapter presents essential consideration for a *Sustainable and Interdisciplinary Extensionism* university based model. To this end, it is imperative that U of G/Mexico is able to describe, articulate and validate a national extension model in order to establish a national, state and local funding model that will sustain the network of universities and partners that will engage with rural communities across Mexico to create transformative change. The following was developed by New Mexico State University and U of G faculty and staff participating in a process to begin to identify local, regional and national priorities for university based extension in Mexico

## **Professional practices as links with the productive means.**

### **Vision**

New Mexico State University Extension is the *outreach and engagement* enterprise of the University serving the people of New Mexico, region and global society in which we live. We are the best choice in for complete and culturally appropriate educational and development programs that link New Mexico State University research and knowledge bases to society's needs and issues. We create, interpret, and deliver knowledge to society that improves the health and well-being of individuals, communities and the environment, fuels our state's economy, and enhances and enriches our communities. Our close relationships within communities allow us to deliver personalized and community based education that challenges and inspires individuals to achieve their highest goals.

As a land-grant institution, New Mexico State University has a tripartite mission - *instruction, research and extension*. The three parts of this mission are closely interrelated and mutually reinforcing.

The **Extension** aspect of the university's mission is the relationships and process of extending the intellectual expertise and resources of the university through teaching and applied research to address the social, civic, economic and environmental challenges and opportunities facing our state, region, nation and global community. **Outreach** entails an organized and planned program of activities; these activities bring the resources of the university to bear in a coherent and strategic fashion for the benefit of the citizens of New Mexico and the nation. **Engagement** describes the "collaboration between New Mexico State University and communities for the mutually beneficial exchange of knowledge and resources in a context of partnership and reciprocity (Carnegie Foundation 2007)."

Extension is a distinctive part of New Mexico State University and of the state of New Mexico. Our assets include a presence in every county that's linked to NMSU's knowledge base. Through relationships and partnership with individuals, public and private organizations, Extension is able to identify and respond to critical issues in New Mexico communities. Extension connection to research faculty assures that public needs will be considered as NMSU scientist explore innovations. NMSU Extension faculty and staff are valued leaders of objective educational programs that help New Mexican's create the futures they prefer.

## Mission, Values, and Guiding Principals

**Mission:** New Mexico State University Extension engages the people of New Mexico with researched-based knowledge and education that strengthen communities and economies, sustain agriculture and natural resources, and promote healthy families and individuals.

**NMSU Extension Values:** NMSU Extensions success is fundamentally grounded in a set of values that provide direction in our work. New Mexico State University Extension is guided by a commitment to excellence embodied in the following set of core values.

**Inquiry and Knowledge:** Intellectual growth is at the heart of New Mexico State University's mission. New Mexico State University Extension is committed to developing an informed citizenry and fostering intellectual inquiry in all its forms – social, economic, agricultural/environmental, and esthetic – and to developing the capacity for thoughtful reasoning.

**Application:** We are committed to applying knowledge and expertise to address complex issues whose scope may be local or regional -- especially, but not only, as that application enhances community's and individual's knowledge, understanding and behavior.

**Leadership:** We are guided by an ethic of leadership and service that recognizes the importance of identifying, creating, and responding to the interests and needs of New Mexico's diverse constituencies.

**Character:** NMSU Extension aims to create, through our work and our relationships, a context that cultivates individual virtues and institutional integrity. We recognize that, in order to serve our diverse communities, we must first be a community within NMSU Extension that extends mutual respect and regard for all individuals, roles, and ideas.

**Accountability:** We are responsive and accountable to the public for the best use of available resources in providing quality education.

**Stewardship:** Careful shepherding of our financial, capital, and intellectual (human) resources is necessary for us to execute our values. In addition, the mission of Extension is most likely to be achieved when faculty and staff of NMSU Extension take responsibility for upholding the full scope of these values.

**Diversity:** Inherent in all of these values is a commitment to diversity. We honor and respect the rich diversity within New Mexico and, with the involvement of the various communities, strive to make all our educational programs and activities accessible, timely and culturally relevant.

### **Establishment of Priorities**

Where opportunities arise, we try to capitalize on them and when major issues arise we try to respond. Within limits we will always have to respond to opportunities and major issues. Clearly, a purposeful Strategic Plan of Work can direct those responses and our more deliberate decisions along paths that maximize the positive impacts and channel NMSU Extension to a coherent set of programs—or bodies of work within New

Mexico and activities that distinguishes our educational role in counties, state, nationally and internationally. Within this set of “strategic” program areas/bodies of work, NMSU Extension will need to continue to identify priority areas of work that will guide resource allocation decisions, fund-raising plans, legislative priorities and planning. These will encompass the educational program and activities that will include proposed areas of distinction.

### **Guiding Principles**

The Kellogg Commission on the Future of State and Land-Grant Universities set forth seven guiding principles of engagement. The following guiding principles of engagement are intended to further help gauge our commitment to working effectively at the grass roots level—to help insure we are a Extension organization that is engaged with individuals and communities at all levels of our organization.

### **EXTENSION AND THE SEVEN-PART TEST**

**Responsiveness:** NMSU Extension, through its network of county and community-based offices, can connect people with ideas, create a vision, and foster accomplishment. We can provide the conduit for transmitting community and individual needs to the university and delivering university resources and expertise to the community.

**Respect for Partners:** The economic, societal and environmental challenges of New Mexico and our global society create opportunities for NMSU Extension to expand its network of partnerships with public, private, and non-profit groups. Forging new, less traditional relationships will necessitate establishing trust, honoring diversity, finding common ground, and establishing open communication. Sustaining new partnerships will require sharing credit for accomplishments as well as the equitable use of fiscal and human resources. Extension has historically demonstrated the capacity to accept and respect the varying backgrounds, needs and aspirations of citizens, and to encourage them to work toward common solutions.

**Academic Neutrality:** The mission of Extension, “to engage people to improve their lives and communities through learning partnerships that put knowledge to work,” can be sustained only in an atmosphere of academic neutrality. We must engage with communities with a level of respect that honors their educational needs and values their contribution.

**Accessibility:** Extension’s presence in local communities across New Mexico provides convenient accessibility to the knowledge and expertise that resides within the land-grant university system. We understand that the immediate access to information and the need for its interpretation coupled with the ever-increasing diversity of New Mexico demand a continuing commitment to increase program accessibility.

**Integration:** The needs and challenges faced by individuals and communities neither segregate along discipline lines nor conform to the hierarchical structure of universities. Extension must enhance and foster new levels of integration within the confines of the greater university. NMSU Extension must continue to integrate with many other facets of the university where knowledge and expertise are relevant to educational needs of the public.

**Coordination:** Extension has demonstrated the capacity to coordinate a myriad of programs and activities. If the tenets of full engagement are to be realized, Extension must now apply that expertise to growing relations with the broader university.

**Resource Partnerships:** Full engagement implies an expectation that all partners have fiscal, human or intellectual resources to bring to the table. New initiatives may require a commitment of new resources, but they also create access to the resources of other partners. Effective engagement creates greater programmatic support than can be achieved independently.

## **Excellence in Cooperative Extension**

NMSU Extension has identified core competencies that are required for Extension work--sufficient criteria for measuring Extension Excellence in job performance. In addition, as a tenure track faculty member or as a college rank faculty member at New Mexico State University we are expected to make contributions to Extension scholarship on behalf of the University and communities served. This is a necessary criterion for Extension Excellence in job performance—i.e. advancement of tenure and/or promotion. NMSU Extension has applied these core competencies to the Core Components of Extension Program Scholarship in the evaluation of annual job performance and scholarship—tenure and/or promotion. Given the necessary criteria of Extension scholarship, it is expected that there will be evidence of one or more forms of scholarship in extension programs and related components.

### **Core Competencies Required for Extension Work**

1. Subject-matter expertise
2. Networking and communication skills
3. Program development, delivery, and evaluation skills

### **Subject-Matter Expertise**

#### **Professional Development and Involvement**

Maintains and improves professional competencies through personal professional improvement. Participates in appropriate professional groups and is recognized for professional competence. For example: Professionally up-to-date in assigned disciplines, educational methods, and societal conditions. Responds to issues identified by others; Actively participates in professional organizations; Attends and actively participates in in-service educational opportunities; Serves on Extension and NMSU committees, as requested; Subscribes to high-quality professional periodicals, books, trade journals, and other media; Actively participates in community organizations and activities to strengthen credibility as an educator.



## Networking and Communication

### Extension Leadership

Extension faculty and staff lead and develop leadership in others. Recognized as an educational leader in their communities, and representing New Mexico State University effectively as a faculty member. For example: Leads staff or clientele in planning and implementing priority programs; anticipates future program opportunities and provides focus for program priorities; motivates staff or clientele to adopt new practices; provides staff/volunteers with orientation, training in relevant subject matter, support, and recognition; effectively works with colleagues in leadership roles; recognized as a leader within assigned county and area.

### Communication

Speaks and writes effectively. Conducts educational and developmental experiences proficiently, including creative and effective methods, high quality materials and appropriate techniques. For example: written communications are organized, clear, concise, and effective; uses appropriate teaching methods, instructional materials, visuals, and technology; uses teaching techniques appropriate to objectives and staff/clientele/volunteers; subject matter is accurate and up-to-date, uses current research based, and delivers to the level of the learner; demonstrates effective teaching ability (well prepared, quality and skill of delivery or presentation is relevant); interacts positively with colleagues and supports staff members. Performs as and extension team member. Maintains positive communication with staff, clientele and planning groups; develops and maintains positive relations with other agencies, organizations, and professionals.

## Program Development, Delivery and Evaluation Skills

### Components of Extension Program Scholarship

1. Developing programs based on locally identified needs, concerns, and/or issues
2. Targeting specific audiences
3. Setting goals and objectives for the program

4. Reviewing current literature and/or research for the program
5. Planning appropriate program delivery
6. Documenting changes in clientele knowledge, behaviors, attitudes, and/or skills
7. Conducting a reflective critique and/or evaluation of the program
8. Validation of the program by peers and or stakeholders
9. Communication of results to stakeholders and decision makers

### **Program Scholarship Narrative**

Both independently and as a team member, Extension faculty analyze needs of individuals, families, groups and communities. Plans, conducts and evaluates educational and developmental programs to meet these needs. Program content is based on current research and knowledge. Assess opportunities to provide access to the people of the state to the resources of the university. For example: Uses individual and group input and group process. Helps county extension or program advisory committees and related organizations understand their program, issue area, and results; Collects and analyzes information from varied sources for situation analysis. Includes needs of clientele in situation statements; Plans programs with stated educational objectives that can be used in evaluation and provide sense of direction to self and others; demonstrates knowledge of county state-federal relationship in long-range and annual plans of work; Uses research based information appropriate to the learners objectives; Adapts research based information to specific audiences and clientele; Programs show evidence of analyzing, synthesizing, and adopting research-based information to solve problems and develop educational programs; Applies the results of project evaluation and research or demonstration to at least one major planned project; Communicates program and research needs to specialists, researchers, or others;

### **Organization**

Organizes and utilizes the resources of the people, the university and government agencies to carry our planned program. For example: Regularly uses appropriate resources from NMSU, the community, and other institutions and agencies; Use office staff's time and services efficiently and effectively. Work flow and program run smoothly as a result of thorough planning; Provides paraprofessionals with orientation, training, support,

and recognition; Documents and reports program progress promptly, completely, and accurately; Maintains office and personal work environment in a professional and well-organized manner; Manages time effectively in meeting deadlines and adequately prepares for planned activities;

### **Diversity**

Actively promotes a positive work environment. Exhibit respect; value differing perceptions and worldviews and actively reaches out to diverse audiences. For example: Has ascertained discriminatory policies of groups before providing educational programs; Meeting logistics (e.g. time place) are planned to provide maximum accessibility for all potential targeted audiences; Maintains affirmative action documentation as required;

### **Forms of Extension Scholarship**

Extension Scholarship is fundamental---necessary criteria for attainment of tenure and/or promotion at New Mexico State University. Documenting Extension scholarship is the responsibility of tenure track faculty, tenured faculty, and college rank faculty as it necessary to validate scholarship and communicate to others. There are several forms of Extension scholarship and the work of Extension educators provides many opportunities to apply many of these forms to our work.

**Extension Program Scholarship by definition must meet the following criteria:**

1. Is it creative intellectual work.
2. Is it validated by peers.
3. Is it communicated.

Each form of Extension scholarship creates something that did not exist before—adds to the body of knowledge: a new understanding in the minds of learners, new knowledge about ourselves and our environment, new awareness that stimulates the senses, new insights, and new technologies and applications of knowledge that can benefit individuals,

families and/or communities. Extension scholarship includes the integration of knowledge or technology leading to new interpretations or applications.

### **Teaching and learning**

*Nature of scholarship:* Development and communicates understanding and skills to learners; develops and refines new teaching methods; fosters lifelong learning behavior.

Preparing lectures, workshop, seminars, etc in and of themselves is not necessarily scholarship if not grounded in teaching materials and methods that demonstrate depth and duration of understanding, usefulness of skills, lifelong benefits to learners, and adoption by peers. This is a very important form of Extension scholarship in that many faculty prepare teaching and learning opportunities for a number of adult and youth audiences.

### **Discovery**

*Nature of Scholarship:* Generates and communicates new knowledge and understanding; develops and refines methods. Discovery encompasses what is referred to as basic, applied or adaptive research. Extension is known world wide for its leadership and success in applied and adaptive research, grounded in basic research from the academy. Many peer-reviewed publications and presentations are the result of discovery. Written or published scholarship is characterized by peer review or validation, this helps to insure the quality and intellectual integrity of the work we do. Extension publications that are peer reviewed and communicated often include—articles, reports, fact sheets, course materials, videos, web site, etc. Extension Discovery scholarship includes the integration of knowledge or technology leading to new interpretations or applications. The assemblage of research-based information for a targeted audience via a literature review is an element of scholarship and research. Other examples of scholarship include submitting grant proposals, developing policy recommendations for use by public decisions makers, and developing peer-reviewed Fact Sheets, Video tapes, distant learning programs, etc.

### **Artistic Creativity**

*Nature of Scholarship:* Interprets the human spirit, creates and communicates new insights; develops and refines methods.

### **Integration**

*Nature of Scholarship:* Synthesizes and communicates new or different understanding of knowledge or technology and its relevance; Develops and refines methods. Integration is an important scholarship opportunity for Extension educators. Example: Food and nutrition lends it self well to integration scholarship. The advancement of nutritional knowledge, diversity of ethnic populations and cultures and the disparity of income among various populations support the need for new or different understandings of food and nutrition, in individual communities.

### **Application**

*Nature of Scholarship:* Develops and communicates new technologies, materials or uses; fosters inquiry and invention; develops and refines new methods. Application is another important form of scholarship in Extension. Demonstrations and presentations to audiences; publications for users through periodicals and reports are primary means of communicating application scholarship.

### **Extension Scholarship Summary**

There are several forms of Extension scholarship, other than refereed journal articles, however, each form of scholarship have in common one vital element, each from creates something that did not exist before—adds to the body of knowledge and--to be a benefit to society, scholarship must be creative, validated and communicated to others.

### **Collegiality**

Collegial behaviors among faculty members promote the effective functioning of academic institutions (Organ, 1988) and benefit universities in substantive and positive ways (Johnston et al., 2010). According to the American Association of University Professors, “collegiality is not a distinct capacity to be assessed independently of the traditional triumvirate

of teaching, scholarship and service. It is rather a quality whose value is expressed in the successful execution of these three functions.” Research also indicates that faculty members place high importance on having a collegial university environment.

For these reasons, collegiality should be valued and expected of faculty members. To this end, principal units may require that candidates provide evidence of collegiality related to each of the primary criteria. Moreover, principal units may consider documented evidence of concerns regarding a candidate’s collegiality that clearly had an impact on one of the primary areas of consideration as a contributing factor, but not a dominant factor, in recommendations for denial of tenure. However, it is critical that collegiality is not confused with sociability or likability. Rather, it is a professional, not a personal, criterion relating to the performance of a faculty member’s duties.

### ***Sustainable and Interdisciplinary Extensionism*** **Leadership Development Training**

Statement of Purpose: A principal objective of the Sustainable and Interdisciplinary Extensionism initiative is to help to address rural poverty in Mexico by collaborating with Mexican Universities, US Land-Grant universities to develop effective engagement strategies in rural communities, while leveraging knowledge, information and technologies in order to provide enhanced and sustainable opportunities within rural communities. Building on a history of effective U of G/Mexico NMSU/US projects, the NMSU Extension Team proposes to help address rural development challenges in Mexico through a social action model/approach. By drawing on the strength of existing rural programs, and U of G in Mexico and the U.S, and the known best practice and methods of Mexican Universities and US Cooperative Extension, the social action approach strives to reallocate power and opportunities so that disenfranchised citizens can access the opportunities and resources of society and, in turn, find meaningful ways to contribute to society as valued human beings. The social action model/approach is intended to help guide Extension educators/workers on how to develop effective extension programs in rural communities by using community-based education and practices, including; collaboration, partnerships and alliances, and community development, all fundamentally grounded in Extension Plans of Work.

An additional intent of the Sustainable and Interdisciplinary Extensionism project is to develop a National Extension model by developing an interlinked network of substantial bi-national partnerships between leading universities in Mexico, and land-grant universities in the U.S. Through these partnerships, universities have and will exchange knowledge and build institutional capacity within participating universities on both sides of the border, as well as in the communities they serve.

The success of Cooperative Extension can be directly attributed to the leadership commitment of faculty and staff who work directly with producer, youth and other individuals in the community. We believe the success of Extension in Mexico will also depend on the Leadership Commitment of University administrators, faculty, staff and students, and the leadership commitment of Coordinators, State Delegates and other government officials. To this end, New Mexico State University Cooperative Extension and U of G is propose the following leadership development trainings and activities for Extension Faculty, Coordinators and Mexico Government officials, to effectively develop the leadership commitment to , and the communities it is intended to help.

### **Extension Leadership Development Training: Training Modules:**

The following proposed Extension Leadership training modules have been identified as core curriculum for effective Leadership Development. The following list is NOT and exhaustive list of training modules and fully expect our Mexican colleagues to identify other areas of leadership development that are important.

#### **1. Module Sustainable and Interdisciplinary Extensionism Leadership 101 (SIEL 101)**

**Part I. The Scope of the Extension System in Mexico:** This section/part of the Extension Methods 101 curriculum, as is the case for all the parts of this curriculum, is a work in progress. Participating universities will need to continue to develop the strategic goals and objectives, while simultaneously working to “institutionalize” Extension in their respective universities and communities. It is imperative that Mexico be able to describe, articulate and validate a national extension model in order to establish a national, state and local funding model that will

sustain the network of universities and partners that will engage with rural communities across Mexico to create transformative change.

**Part II. Developing a University Strategy for Extension Work:** Each participating university will need to develop a University Strategic Plan for / Extension, to institutionalize Extension work in their respective institutions, to define extension role and relationship in the Mission of the University. This section of the EL101 would be provided in Mexico in a group, and with individual universities. This is a very important activity for each university.

**Part III. Core Program Areas:** There are many social, economic and environmental needs and opportunities in each community. Each University has an intellectual capacity of faculty and students—knowledge and skills that can help communities with many of these identified needs and opportunities. In time, each university partner as part of national extension model, RENU/SAGARPA will define its local, regional and national program priority areas. Part IV of the EL101 training will help Identify core program areas, based on needs assessments of the communities.

This section of the EL101 will be provided at US/NMSU and in Mexico, in groups of 10 to 12 faculty and respective state coordinators. On site visit to NMSU will provide observation of and hands on activities of core programs areas of NMSU Extension, direct interaction with Extension Faculty, staff and volunteers. Many traditional program areas include:

- Agriculture
- Home Economics (Family and Consumer Science)
- 4-S Youth Development
  - Organizational Structure o 4--S Projects and Curriculum o 4--S Awards and Recognition
- Community Economic Development

**Part IV. Developing Extension Programs:** Possibly the most important consideration in doing good extension work, is planning for it. The scholarship of extension work is fundamentally grounded in the development and documentation of extension programs—i.e. Plans of



Work. This is where each university will describe how they will support program priorities in the local communities through a university based—faculty and student, Extension program, clearly articulating program plan, design, implementation and evaluation.

This section of the EL101 will be provided at US/NMSU, in Mexico, and through webinars or other online technology. Given the proposed SAGARPA/ university funding model, it is imperative that Universities prepare a Extension proposal/scope of work that meets the goals and objectives of SAGARPA. Included in this training:

- What Is a Program?
- Plan of Work
- Extension Program Objectives
  - Extension Objectives Must Be Educational
  - Defining Objectives
  - Criteria for Judging the Usefulness of Objectives
- Building Extension Programs
  - Principles of Program Building o The Role of Extension Workers
  - o The Supervisor’s Role
  - The Specialist’s Role
  - The Local Extension Worker’s Role

**Part V. Extension Teaching and Learning Methods:** An important training opportunity in Extension, is Teaching and Learning Methods. There are many proven methods to educate adults and children. Mexico universities have many good “best practices” for working with rural communities already developed. The opportunity is to develop Extension Program Plans and supporting Plans of Work that will/can effectively evaluate and validate the impact of these teaching methods. Plans of Work and related teaching methods that can be effectively validated is one of the first steps to increasing the university Extension program capacity to address similar needs in multiple communities.

This section of the EL101 will be provided in US/NMSU, in Mexico on with distant learning technology.

**Part VI. Evaluation:** The so What? Did you/we make a difference? Evaluation is a part every good extension program plan and plan of work. Not an

option. As previously mentioned, the evaluation process will validate the teaching methods and learning objectives and outcomes. Topic included:

- Why Should We Evaluate?
- The Process
- Analyzing the Evidence
- Reporting methods

**Part VII. Characteristics, Duties, and Qualifications of Extension Educators:** In addition to County and state specialist/ Coordinators, Mexico will need to describe the characteristics, duties and qualifications of Social Service Student Educators. We will work with our Mexican colleagues to do this.

- Qualifications of Extension Educators
- Characteristics of Extension Educators
- Duties of Local Extension Educators
- Duties of Subject Matter Specialists
- Duties of Social Service/Student Brigades Extension Educators

Part VIII. Community Leadership Training for Student Brigades: Training curriculum to prepare students for Extension work in the community will result in a much greater impact on the community and a much more enriching experience for the students. Training curriculum for student Brigades will parallel Extension Methods 101 curriculum outlined above and will help prepare students to intentionally support Extension Program Plans of Work. Social Service students that work with Extension Programs and faculty will gain the knowledge and skills to be effective in the communities they work, regardless of the program area.

## **2. Module 2: Social Action Model**

The success of any community or area social and economic development program depends in large part on how effectively the program mobilizes human and non-human resources in the action phases. If not carried through to action or completion, the best plans are of little consequence; they accomplish little beyond providing a stim-

ulating exercise for the planners. Mobilizing the resources of a community or area to achieve the objectives of social and economic development is a process of social action.

This Leadership Training Module discusses the process of social action and outlines how this process may be used most effectively by individuals and groups who choose to work toward bringing about certain changes in their community or are.

### **3. Module 3: Community-Based Learning Environment**

In education, the term standards--based learning refers to systems of instruction, assessment, grading, and academic reporting that are based on students demonstrating understanding or mastery of the knowledge and skills they are expected to learn as they progress through their education. (See figure below)

This Leadership Training Module will explore the application for standards-based learning environment to “community-based” learning environments, This model will add additional skills and knowledge to Part V of EL101 training and Module 2: Social Action Model

## TRES PREGUNTAS DE GUÍA EN UN ENTORNO DE APRENDIZAJE BASADO EN COMUNIDADES

*Adaptación de Standard-Based Learning*

*¿Qué conocimientos y habilidades están aprendiendo las comunidades?*

### **Contenido**

Contenido/ Proceso del Conocimiento  
Basado en estándares/ Metas de Aprendizaje

*¿Qué métodos de enseñanza y experiencias de aprendizaje aseguran que los miembros de la comunidad dominan el contenido y los objetivos?*

### **La instrucción**

*¿Cuáles son las pruebas que se colectan para asegurar que los miembros de la comunidad están aprendiendo?*

### **Evaluación**

Formativa y Sumativa

## INDICADORES DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE BASADO EN ESTÁNDARES (SBLE)

1. La lección de Extensionismo proporciono oportunidades para que los miembros de la comunidad hicieran conjeturas sobre la lección y/o ideas.
2. La lección Extensionismo fomentó el desarrollo de la comprensión conceptual
3. Los miembros de la comunidad explicaron sus respuestas o estrategias de solución
4. Múltiples perspectivas/estrategias fueron impulsadas y valoradas
5. El instructor de Extensionismo valoró las declaraciones de los miembros de la comunidad sobre los temas y las utilizó para iniciar la discusión o para trabajar hacia la comprensión compartida de la comunidad.

#### **4. Module 4: Fundraising for Extension Work: Best Practices**

Using NMSU College of Agriculture as an example, this RINU Training Module will help participants gain a better understanding of “best practices” in resource development, and how NMSU College of Agriculture raises money and other resources through private donations from business and industry, foundations and individuals.

#### **5. Module 5: Learning Technology to Enhance Extension Programs:**

This Leadership Training Module will explore various technologies, media forms and delivery methods that could enhance access to learning opportunities, enhance concrete representation to abstract learning ideas, from a distance and or on site and expand the reach of Extension into rural Mexico. This Module will encourage university faculty, staff and students to use technology to develop u tube videos, 4-H i-phone apps, learning games and other innovative applications of technology.

#### **6. Module 6: Brigadista Leadership Training: Best Practices for Extension Work**

This Leadership Training Module will focus on developing the leadership capacity of Student Brigadistas. The Student Brigade Leadership training will utilize the dynamic model of civic and community engagement, looking at both theoretical and practical strategies to improve community and public policy outcomes. The training will provide students with a deliberate Extension model of community engagement, built on the core principles of participatory democracy, reciprocal accountability, and intentional civility. Student Brigade participants will:

- Develop skills needed to collaborate and build community.
- Build on leadership skills required to mobilize communities and engage with in Extension programs.
- Collaborate and share experiences with, and develop a network of, local peers engaged in community collaborations, both during tier social service requirement and subsequent to their participation.
- Broaden and deepen their capacity to engage communities with populations that are ethnically, culturally, and socially diverse.

## 7. Module 7: Government Officials Leadership Training

This training module is designed to provide a comprehensive course of study to administrators, managers, elected officials, and staff in local, state, and national government, through which participants can acquire and apply the best practices and theory to their management behaviors and strategies using the highest professional standards. Possible training areas include:

### Core Competencies

- Knowing Your Government
- General Human Resources
- Conflict Resolution Among Employees
- Foundations for Communications
- Effective Meetings by Design
- Improving Writing Skills

### Government

- Answering the Call to Public Service
- Knowing the Law

### Ethics

- Ethics and Professionalism
- Creating an Ethical Culture
- Ethics and Managing Public Funds

### Leadership

- Developing a Professional Workplace
- Creating a Safe and Productive Workplace
- Creating a Service-oriented Culture

### Information technology

- Making the Most of the Web
- Current issues in information technology



# Sustentabilidad: el desgaste de una idea antes de alcanzar su potencial

Nashieli García Alaniz<sup>1</sup>

## Resumen

La degradación e impacto sobre los recursos naturales globales representan una amenaza al bienestar de cualquier persona en cualquier país. El esquema de desarrollo utilizado actualmente ya no es sostenible, dado que pretende un crecimiento infinito con base en recursos finitos. El reto reside en encontrar estrategias de desarrollo económico que lo permitan, pero de una forma sustentable, incorporando factores sociales, económicos y políticos. Ahora, se deben generar procedimientos para alcanzar estos objetivos y sobre todo, comprometer la voluntad política para su implementación. Aprovechando los acuerdos internacionales, nos corresponde generar acciones concretas del sector privado, el gobierno y la sociedad impulsados en la voluntad política para llegar a un desarrollo sustentable con todos los beneficios que este contiene.

## Abstract

The degradation and impact on global natural resources represents a threat to the wellbeing of all people in every country. The current development scheme is no longer sustainable given that it aims for infinite growth with finite resources. The challenge lies in finding economic development strategies that allow for development, but in a sustainable way – incorporating social, economic and political factors. We must now generate procedures to achieve these objectives and, above all, to compromise the political will to implement them. Making use of international agreements and driven by political will, we must generate concrete actions within the private and government sectors as well as the society to achieve sustainable development, with all the benefits this entails.

<sup>1</sup> [ngalaniz@gmail.com](mailto:ngalaniz@gmail.com)

El impacto que hemos tenido sobre los recursos naturales globales, incluyendo, la biodiversidad, el agua y los combustibles fósiles, presenta tendencias que no solo son preocupantes, sino que ahora representan una amenaza al bienestar de cualquier persona en cualquier país. La degradación ambiental, el agotamiento de los recursos naturales y los problemas ambientales transnacionales afectan cada vez más la estabilidad internacional (Spencer *et al.*, 2009; Wendell, 2014; Moran, 2018; IPBES, 2019a).

La energía es la fuerza motriz para el desarrollo de la sociedad humana y una base importante para la economía nacional, y lo que entendemos como bienestar. Este desarrollo y la obtención de la energía se basa en su mayoría, por la explotación de recursos naturales finitos. Es un hecho que la labor e inversión económica para explotar estos recursos, por ejemplo, los combustibles fósiles, está actualmente en la agenda local e internacional (IPBES, 2019b). Algunas veces ocurren alianzas comerciales que no son perjudiciales ambientalmente de manera inmediata. Una muestra de esto, es el acuerdo reciente entre la compañía australiana de energía y minería BHP y Pemex de México, quienes explotarán los combustibles fósiles en aguas profundas en el Golfo de México, llevándose un 60 y 40 por ciento de utilidad respectivamente. Otras veces en cambio, ocurren acciones provenientes de países que, con tal de asegurar el acceso a estos recursos, toman acciones con consecuencias destructoras para la población local, apoyados por una pasividad global. Por ejemplo, la reciente situación en Ucrania, en donde Rusia suministra un tercio del petróleo y el gas a la Unión Europea y ésta a su vez, representa el 20% de la economía mundial. En otras palabras, como acertadamente lo explica Larkin (2014), el petróleo y el gas son el ímpetu para alimentar las incursiones en la región y el motivo de la inacción global subsiguiente.

De una u otra forma, el esquema se basa en la obtención de energía a partir de recursos finitos, en este caso los combustibles fósiles. La escasez de los recursos naturales, la velocidad a la que llevamos a cabo su extracción, la cual rebasa la posibilidad de su renovación, y las consecuencias de su uso, genera desigualdad (IPBES, 2018) y por tanto incrementa conflictos sociales en el corto y mediano plazo (Wendell, 2014). Es decir, a pesar del beneficio inmediato que sin duda este esquema de uso nos genera a todos, se puede decir que la explotación actual de estos recursos naturales y la paz no son compatibles. Por consiguiente, la



estabilidad de cualquier nación, se ve comprometida generando países vulnerables. Mas aún, la obtención de energía a partir de combustibles fósiles genera, en el largo plazo, consecuencias como las que ahora vivimos por el cambio climático.

El enfoque de desarrollo y crecimiento que ha sido usado hasta ahora caducó, no es sostenible y claramente ya no resulta el adecuado. Este enfoque pretende un crecimiento infinito con base en recursos finitos donde, el acceso a estos recursos generalmente se da de manera inequitativa generando desigualdad. Además, el deterioro, pérdida de esos recursos y las implicaciones resultantes de su uso desmedido, tienen consecuencias multidimensionales e inestimables que ponen a cualquier nación en riesgo. Es realmente difícil sobreestimar el impacto de nuestro consumo actual de estos recursos, sobre la naturaleza y las poblaciones humanas.

En este escenario, se genera a nivel mundial una nueva agenda de desarrollo sostenible que intenta ir más allá de las agendas parciales (Naciones Unidas, 2015). La Agenda incluye objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos. Esta agenda implica un compromiso común y universal, y propone apuntalar el desarrollo sostenible a partir de la transformación de las economías con influencia en la sociedad, atendiendo al medioambiente y la equidad. No obstante, puesto que cada país enfrenta retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible, el texto aprobado por la Asamblea General de Naciones Unidas dispone que los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, y dentro de este marco, cada uno fijará sus propias metas nacionales, apegándose a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Estas metas solo pueden ser alcanzables si se acompañan de procedimientos cimentados en políticas nacionales. México, como miembro activo de estas iniciativas internacionales, se encuentra atrapado entre compromisos globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015-30 por un lado y Planes Nacionales de Desarrollo (PND) por el otro. Villanueva Ulfgard (2019) menciona cómo los PND en México, vistos a distancia no se traducen en políticas implementadas. Existiendo discrepancia entre los grandes documentos que reflejan compromisos globales y una realidad bastante sombría cuando se transforman en políticas nacionales para

el desarrollo sustentable. Por ejemplo, en este marco de desarrollo, INEGI presenta las Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2017, reportando que el deterioro ambiental genera un costo económico equivalente al 4.6% del PIB (947,662 millones de pesos) (INEGI, 2018). En estas cuentas, el Instituto identifica el impacto ambiental del quehacer económico que deriva del agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, así como el gasto que la sociedad efectúa para resarcir los daños ambientales como consecuencia del proceso productivo de bienes y servicios. Mas aún, Provencio y Carabias (2019) resaltan cómo en México, no se invierte lo suficiente en el manejo de recursos naturales. Advirtiendo cómo los presupuestos expresan visiones nacionales y orientando programas de gestión, explican cómo la distribución de las erogaciones gubernamentales estructuran las prioridades inmediatas y condicionan las acciones futuras de impulso, regulación, control, acompañamiento, cumplimiento de la ley y otras grandes tareas vinculadas con el desarrollo. Por tanto, exponen cómo desde el año 2015 a la fecha, la protección ambiental se ha marginado de la visión nacional del desarrollo y se relega como prioridad significativa en el conjunto de las políticas públicas de nuestro país.

La ausencia de estrategias ambientales nacionales y políticas sectoriales transversales base para construir el desarrollo sustentable, permite continuar con el actual sistema de lo que entendemos como desarrollo. En síntesis, podemos ver que los Planes Nacionales de Desarrollo han sido redactados con intenciones adecuadas y pertinentes a un documento oficial, pero sin respaldo de estrategias para llevarlas a cabo y una constante carencia de seguimiento.

## **La sustentabilidad como concepto**

El término Desarrollo Sustentable, se identifica a partir de la publicación del informe “Nuestro futuro común” de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987), donde lo definen como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Por primera vez se relaciona el crecimiento económico con el medio ambiente, sus impactos y la posibilidad de búsqueda del desarrollo sustentable. El concepto de Desarrollo Sostenible ha sido incorporado en todos los programas de la

ONU, siendo el eje de grandes hitos del siglo XX como “La Cumbre de la Tierra” o “Cumbre de Río”, celebrada en Rio de Janeiro de 1992 y del siglo XXI con la definición de los Objetivos del Desarrollo Sostenible en 2015 (Lucatello, 2015).

En su momento fue visionario el trabajo de los autores, sin embargo, ha tomado tiempo entender el concepto, las implicaciones y por tanto su potencial. Ha sido un proceso de evolución en donde, quizá por el gran desafío que implica cambiar el esquema de crecimiento económico, el cual sigue estrechamente vinculado con el deterioro ambiental del suelo, del aire, del agua y la explotación de otros recursos naturales de gran importancia para el desarrollo, lo que llevó a un estancamiento y fatiga del concepto antes de que alcanzará su potencial. Nos ha costado más de 30 años entender la idea y asimilar que el desarrollo sustentable es un objetivo ineludible. Ahora, el reto reside en encontrar estrategias de desarrollo económico que permitan el desarrollo, pero de una forma sustentable, incorporando múltiples factores sociales, económicos y políticos. Ahora, se tienen que generar procedimientos y sobre todo, comprometer la voluntad política para su implementación.

## Se necesita un cambio

Reportes como el de la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2019a) donde se destaca que alrededor de 1 millón de especies de animales y plantas están ahora en peligro de extinción, muchas de ellas en la siguiente década. O bien, el reporte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2018) el cual advierte que solo tenemos 12 años con las tasas actuales de emisiones globales de gases de efecto invernadero antes de que estén en grave riesgo nuestras posibilidades de limitar el calentamiento global a 1.5 °C, dejan claro el resultado de continuar en este camino. Incluyendo la inestabilidad global con conflictos sociales y desigualdad, la escasez de alimentos, de agua; y consecuencias como el cambio climático y pérdida de biodiversidad, que afectan negativa y directamente la calidad de vida y subsistencia del ser humano.

Se puede aprovechar el potencial del desarrollo sustentable para generar un cambio radical. Una transformación gradual pero elemental en la forma de abordar el reto resultante a la forma de crecimiento

y desarrollo que hemos manejado hasta ahora. Esta evolución no puede basarse únicamente en acciones o soluciones existentes que no han sido aplicadas por razones múltiples. Implican respuestas y planes que se tienen que edificar con información existente, para afrontar desafíos nuevos, resultado de este uso insostenible de recursos naturales.

Buscar la sustentabilidad en el uso de recursos naturales es inevitable. Seguramente implicará transiciones extremadamente complejas hacia un nuevo marco económico, pero, con la gran cantidad de avances actuales y el entendimiento integral de los desafíos, el ser humano debe ser capaz, pero sobre todo tener la voluntad, de crear nuevos enfoques y métodos para detener el desgaste y abuso que hemos tenido hasta ahora. Tratando de mantener niveles que no impliquen necesariamente resignar la modernidad o calidad de vida, sino que mejoren la de un mayor número de personas y que a la vez encaminen el mantenimiento de los recursos.

Cada vez hay más entendimiento general de la importancia del desarrollo sustentable. Sin embargo, muchas veces por más que sean bien intencionadas y/o por mandato las acciones individuales hacia la sustentabilidad, muchas veces no pueden ser acciones prioritarias dado que no se tienen ni las necesidades básicas satisfechas. Por esto, el cambio de enfoque en el uso de los recursos finitos debe ofrecer como mínimo una mejora en la calidad de vida de las personas que no tienen necesidades básicas cubiertas.

Sectores en academia, organizaciones de la sociedad civil y sociedad civil han trabajado fuertemente para dar opciones a favor del desarrollo sustentable. Los gobiernos tienen un papel fundamental al tomar decisiones y destinar recursos según su línea, ya que orientan un curso de acción colectiva donde las autoridades convocan a la sociedad (Provençio y Carabias 2019). Si el PND 2019-2024 en México (Anexo XVIII-Bis) incluye un intento de vinculación a los Objetivos de Desarrollo Sustentable, existe una responsabilidad moral en ciertos sectores de la sociedad de utilizar esa ventana para impulsar la generación e implementación de procedimientos hacia la sustentabilidad, evitando que no sólo queden en promesas o buenas intenciones.

Se debe entender el potencial de la sustentabilidad para generar países menos vulnerables, incluyendo por ejemplo, la mejora en seguridad alimentaria o bien evitando el gasto económico que genera el deterioro

ambiental. O bien, promoviendo la independencia energética. Una independencia energética disminuye la desigualdad y por tanto los conflictos sociales que vienen con ella. Incrementando la calidad de vida y reduciendo consecuencias que ya conocemos, al tiempo que promueve que esos recursos naturales sirvan para que la gente pueda vivir en mejores condiciones. Si dentro del PND 2019-2024 se plasma el discurso de generar energía con fuentes renovables y tecnologías sustentables (Anexo XVIII-Bis), apoyando la generación de energía limpia y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, México tendrá que traducir esta narrativa en metas ambientales concretas y estratégicas más allá del discurso oficial.

Los desafíos para lograr este tránsito hacia la sostenibilidad son muchos. Países de ingreso medio como México podrían, en el ámbito de colaboración internacional, promover mediante el “poder suave” esfuerzos de desarrollo técnico y científico incorporados al económico y comercial en el marco de los ODS. La cooperación internacional bilateral podría ser estratégica para afrontar estos nuevos retos que, por más lejanos que parezcan, tienen consecuencias graves y no solo locales. Más aun, la biodiversidad y los recursos que extraemos de los ecosistemas y las consecuencias que generamos, no siguen límites políticos, por tanto, resulta pertinente tratar de encontrar propuestas en un marco de cooperación internacional. A nivel nacional sin lugar a duda, se puede utilizar de mejor manera la evidencia científica e intentar con éstas proponer soluciones a problemas nacionales. Abordar, los problemas del país desde una perspectiva transdisciplinaria que integre aspectos ambientales, sociales y económicos con la sustentabilidad como eje articulador. Aprovechando los acuerdos internacionales, deben existir acciones concretas del sector privado, el gobierno y la sociedad impulsados en la voluntad política de llegar a un desarrollo sustentable con todos los beneficios que este traerá. Como lo expone Carabias en su reciente entrevista (2019), “en esta época, el desarrollo si no es sustentable, no es desarrollo”.

## Literatura citada

- Carabias J. 2019. El desarrollo es ambiental o no lo es. Grupo Milenio. México.
- Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Nuestro futuro común. Asamblea General de Naciones Unidas. A/Res/42/427 (4 agosto 1987). 1987. Disponible en: <https://undocs.org/es/A/42/427>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2018. Cuentas ecológicas y económicas de México 2017. Comunicado de prensa núm. 631/18. México.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2018. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemen (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019a. Global Assessment Media release. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019b. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Diaz S., J. Settele, E. Brondízio et al. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B.

- R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.
- Larkin A. 2014. Energy independence, national security and another reason for sustainability. *The Guardian*.
- Lucatello S. 2015. México y la agenda mundial de medioambiente en el escenario posterior a 2015. *Revista Mexicana de Política Exterior* 103:189-207.
- Moran A., J. W. Busby, C. Raleigh, T. G. Smith, R. Kishi, N. Krishnan, C. Wight. 2018. *The Intersection of Global Fragility and Climate Risk*. United States Agency for International Development. United States.
- United Nations General Assembly resolution 70/1: Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1 (21 October 2015). 2015: Available from <http://undocs.org/A/RES/70/1>.
- Cámara de Diputados. 2019. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Anexo XVIII-Bis. *Gaceta Parlamentaria*. XXII:5266 – XVIII.
- Provencio E. y J. Carabias 2019. El presupuesto federal de medio ambiente: un trato injustificado y desproporcionado. *Este país* 336: 18-24
- Spencer T., N. Mabey, C. Briggs, E. Bellucci and G. de Ville. 2009. *Climate Change and The Military: The State of the Debate*. Institute for environmental Security. Brussels
- Villanueva Ulfgard R. 2019. Mexico's Struggle with Development between Global Compromises and National Development Plans. *Politics and Policy* 47: 50-78.
- Wendell C. K. 2014. *Climate Change: Implications for Defense*. Key findings from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report. Cambridge Institute for Sustainability leadership, Institute for environmental Security and Global Military Advisory Council on Climate Change. Cambridge.





---

# Biorrefinería en la industria langostinera del Perú, economía circular y cooperación Estado-academia-empresa

Javier Martín Quino Favero, Jorge Carlos Sanabria Villanueva<sup>1</sup>

## Resumen

Las biorrefinerías son la materialización del metabolismo industrial que busca la sostenibilidad. El reciclaje, los ciclos cerrados de materia y la imitación de la naturaleza optimiza el uso de materiales evitando la expansión innecesaria de las actividades económicas hacia los ecosistemas circundantes, preservando así el capital natural. Uno de los caminos para lograr lo anterior es a través de la unión de la academia, la industria y el gobierno bajo el modelo de la triple hélice para la innovación, que produce desarrollo económico basado en conocimiento. Aquí presentamos un ejemplo de la experiencia peruana hacia el desarrollo de una biorrefinería de langostinos de primera generación, dedicada a la producción de proteínas para alimentación animal, hidrocoloides basados en quitina para cobertura de semillas y el carotenoide astaxantina.

## Abstract

Biorefineries are the materialization of the industrial metabolism aimed to sustainability. Recycling, closed material cycles and copying the nature optimizes the use of materials, while avoiding an unnecessary expansion of the economic activities toward the surrounding ecosystems,

---

<sup>1</sup> **Javier Martín Quino Favero:** Instituto de Investigación Científica. Universidad de Lima. [jquino@ulima.edu.pe](mailto:jquino@ulima.edu.pe)

**Jorge Carlos Sanabria Villanueva:** Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible. Universidad de Lima. [jsanabri@ulima.edu.pe](mailto:jsanabri@ulima.edu.pe)

thus preserving the natural capital. One approach to do this is under the Triple Helix Model for innovation, where government, industry and academia are bound together producing knowledge-based economic development. Here we present one example of the Peruvian experience towards the development of a first generation shrimp waste biorefinery for the production of feed protein, chitin based seed covers and the astaxanthin carotenoid.

## Introducción

El mundo ha cambiado: ahora utilizamos masivamente herramientas tecnológicas que nos ayudan a optimizar nuestros tiempos y a comunicarnos sin límites ni fronteras; la industria no es ajena a este cambio; hay un mayor acercamiento entre los productores y los consumidores de diferentes partes del mundo; consumidores que han ido refinando sus exigencias sobre el producto, considerando ahora aspectos como la protección al medio ambiente y la sostenibilidad.

Al mismo tiempo, se está dando otro cambio que viene modificando la geografía y los modos de vida de personas y países, nos referimos al cambio climático. En este contexto, la sostenibilidad es capaz de lograr un cambio productivo sostenible permitiendo el ansiado crecimiento de nuestros países, sin desmedro del medio ambiente y la sociedad.

Siguiendo estos lineamientos, presentamos una propuesta para convertir la industria langostinera peruana en una fuente generadora de crecimiento económico y social, que proteja los recursos naturales para las futuras generaciones. Nuestro planteamiento entiende el concepto de biorrefinería como una herramienta de la economía circular que permite la generación de valor partiendo de residuos, configurando un ecosistema productivo en el que se genera un mínimo de desperdicios.

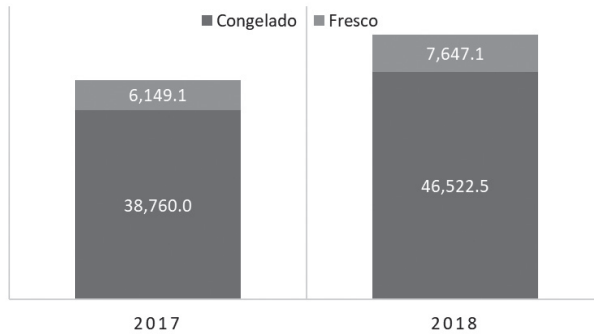
## El mercado del langostino

En los últimos años, los langostinos se han convertido en el producto pesquero más importante del comercio internacional y uno de los pocos que pueden considerarse un *commodity*, con un valor de exportación de 10.000 millones de dólares (16% de las exportaciones pesqueras mundiales), lo que genera importantes beneficios económicos,

especialmente para muchos países en desarrollo (Gillett, 2008). Su importancia es tal para comercio internacional que la FAO lo considera como el segundo grupo principal de especies exportadas en términos de valor, siendo los países de América Latina y Asia Oriental y Sudoriental los principales productores (FAO, 2018).

En el Perú, la especie predominante de langostino es el *Penaeus vannamei* o langostino blanco, especie que se encuentra en la Costa del Pacífico, desde México hasta el Perú. En lo que respecta al desembarque del recurso, entre el 2014 y el 2018, el 58.1% de langostino provino de la actividad acuícola y el 41.9% de la extracción del medio natural. En este mismo periodo, el abastecimiento de langostino creció a un ritmo promedio de 17.7% por año (25.2% en el caso del cultivo y 12.9% la extracción del medio natural). En 2017, la presencia del fenómeno de El Niño permitió una mayor disponibilidad del recurso, lo que se tradujo en una tasa de crecimiento de 79.1% en la extracción de langostino de medio natural. Y en el 2019, el desembarque y el cultivo de langostino creció a un ritmo de 27.5% (PRODUCE, 2017).

Ilustración 1 – Desembarque de langostino por utilización (TM), años 2017 y 2018. Elaboración propia.



Fuente: Ministerio de la Producción. Boletín del sector pesquero. Desarrollo productivo de la actividad pesquera. <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oe-documentos-publicaciones/boletines-pesca/item/826-2018-diciembre-boletin-del-sector-pesquero>

Las presentaciones comerciales de los productos del langostino congelado son de tres tipos: con cabeza, sin cabeza y pelado, siendo éstos los principales productos de exportación hacia mercados de Estados Unidos de América, el Japón y países de la Unión Europea. Durante el procesamiento del langostino, dependiendo de la especie, el tamaño y el procedimiento de descascarado, entre el 40% y el 50% del peso de la materia prima se descarta como desecho o producción de energía; no obstante, los residuos aún contienen valiosos nutrientes y compuestos funcionales (Parjikolaie, Errico, El-Houri, Christensen, & Fretté, 2016).

### **Biorrefinería, economía circular y desarrollo sostenible**

Los sistemas de producción de bienes y la oferta de servicios son sostenidos por la biósfera y también son parte integrante de ella (Daly, 2005). Por esta razón, la industria y la economía pueden ser vistas como similares de un sistema viviente que se encuentra integrado a la biósfera. Esta similitud se basa en que ambos sistemas –biológicos e industriales– utilizan la energía libre, para auto organizarse, disipando la energía en un estado estacionario lejos del equilibrio termodinámico (Ayres, 1994). Para que el comportamiento de los sistemas industriales sea similar, éstos deben incorporar tres elementos adicionales: reciclaje, cierre de ciclos de materia y biomimética; la agrupación de los tres se conoce como metabolismo industrial. La aplicación práctica del metabolismo industrial es la biorrefinería, que optimiza el uso de materiales y restringe la expansión de las actividades industriales hacia los ecosistemas circundantes, evitando la pérdida de capital natural.

El concepto de biorrefinería abarca un abanico de tecnologías capaces de separar los componentes básicos de la biomasa, que luego son convertidos en productos de valor añadido, biocarburantes y productos químicos. En una biorrefinería típica la materia prima (biomasa) se convierte en materiales bioenergéticos, mientras que en una biorrefinería de nueva generación, la materia prima se fraccionará en componentes valiosos mediante extracción, fermentación y pirólisis controlada; así los productos químicos podrán convertirse en productos de mayor valor (Clark, 2007). Cuando estos procesos son consecuencia de un sistema regenerativo en el que la entrada de recursos y los residuos se minimizan, al igual que las emisiones y las fugas de energía; ralentizando, cerrando y optimizando los flujos de materiales y energía, se alcanza

el estado denominado economía circular (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017). El modelo de economía circular es un modelo de producción y consumo sostenible fundamentalmente diferente del modelo de economía lineal. El enfoque circular del uso de recursos es un conocimiento aprendido de los sistemas naturales, que combate las limitaciones inherentes al modelo lineal, que explota el capital natural, con la consecuente degradación y desperdicio de energía. El desarrollo sostenible solo es compatible con el modelo de economía circular.

### **Alianza estratégica universidad-empresa-Estado**

Según lo referido por Ma & Li (2007), establecer una alianza universidad-empresa es una forma efectiva de aprovechar los recursos de I+D de las universidades, mejorar el conocimiento científico y tecnológico de los productos y mejorar la creatividad de las empresas; este tipo de alianza reduciría la búsqueda de información y los gastos de transacción de manera efectiva y hasta cierto punto, las universidades pueden convertirse en el centro asociado de I+D de las empresas y como tal, el fruto de la I+D se puede transformar rápidamente en productividad práctica en las empresas, lo que demuestra plenamente el importante papel de las universidades como centro radiante de alta tecnología.

Por su parte, Hernández, Verástegui, & Pedraza Melo (2014) sostienen que la incorporación del Estado como tercer actor, refuerza la generación de valor y convierte su participación en política pública para el crecimiento productivo y la innovación asociativa, conformando una “triple hélice”.

Recogiendo este concepto, el proyecto sobre biorrefinería y economía circular nace de la configuración de un modelo de triple hélice en el que el Estado peruano participa a través del Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), como parte de su política orientada a ampliar la base productiva del país desde la industria pesquera, con el incremento de la competitividad y el valor agregado, y la generación de respuestas innovadoras para la adaptación al cambio climático.

En el 2018, el PNIPA, en su primera convocatoria nacional para la presentación de proyectos, cofinanció 289 proyectos de I+D por un valor de 87 millones de soles (aproximadamente 26,5 millones de dólares), de estos proyectos resaltan las iniciativas con beneficios ambientales cuya valorización asciende a más de 40 millones de soles y contribuyen direc-

tamente a 12 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Esto se traduce en una sólida contribución del sector Pesca y Acuicultura al lograr la mitigación y adaptación al cambio climático.

De la totalidad de los proyectos presentados, 20 valorizan ambientes y recursos acuáticos, 18 reaprovechan residuos hidrobiológicos en un marco de economía circular y 11 desarrollan nuevos productos para el tratamiento de enfermedades garantizando la sanidad e inocuidad de las especies.

## La oportunidad

La disposición final de los residuos de langostinos disminuye la rentabilidad de la operación por los costos asociados al pago a alguna empresa prestadora de servicios (EPS), que debe llevar los residuos sólidos a un relleno sanitario, donde produce un impacto ambiental negativo debido a las emisiones de metano y la generación de lixiviados. Sabiendo que entre el 40% y el 50% del peso del langostino se convierte en residuo (Parjikolaei et al., 2016) es posible estimar la huella de carbono generada por la disposición del residuo en un relleno sanitario (tabla 1).

Tabla 1: Estimación de la huella de carbono del residuo de langostinera cuya disposición final es el relleno sanitario

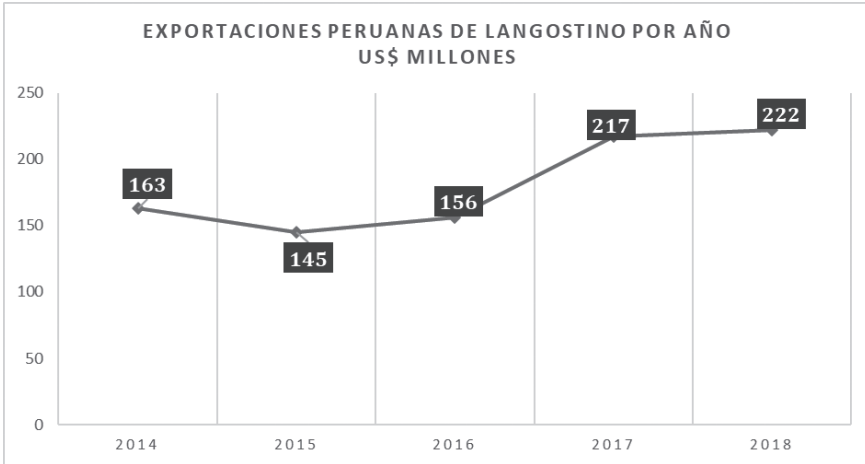
Año	Desembarque Total (Tn)	Residuo de langostino (40%) en Tn	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> e) <sup>2</sup>	Huella de Carbono (TnCO <sub>2</sub> -eq)
2017	44 909.1	17 963.64	626.959	11 262.466
2018	54 169.5	21 667.80	626.959	13 584.822

Fuente: Ministerio de la Producción. Boletín del sector pesquero. Desenvolvimiento productivo de la actividad pesquera. <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/oee-documentos-publicaciones/boletines-pesca/item/826-2018-diciembre-boletin-del-sector-pesquero>

<sup>2</sup> Considerando el destino como relleno sanitario (landfill) incluyendo recojo, transporte y emisiones en el destino final (<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>)

En lo económico, la industria langostinera peruana representa ingresos por exportación ascendentes a más de US\$ 222 millones (a valor FOB) y, según se aprecia, con tendencia de crecimiento, lo que trae consigo una mayor generación de residuos sólidos.

Ilustración 2 Exportaciones peruanas de langostino por año (US\$ Millones)



Elaboración propia. Fuente: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Reporte Mensual de Comercio Diciembre 2018

## El proyecto

Para materializar la herramienta biorrefinería en la industria acuícola se presentó al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA) el proyecto denominado “Transformación de residuos de langostineras para la producción de alimento balanceado para tilapia y polímeros para cobertura de semillas aplicables a la agricultura orgánica”. Este proyecto es desarrollado por la alianza Academia-empresa, dentro del marco de promoción del Estado a través del PNIPA. La alianza está conformada por la Universidad de Lima, como entidad responsable del proyecto; la Universidad Nacional Agraria la Molina; el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA); y las empresas Acuicultura Técnica Integrada del Perú S.A. y Molinos Asociados S.A.C.

La academia debe desarrollar maneras de revalorizar dichos residuos y el Estado y la empresa deben invertir para aprovechar un recurso

abundante y renovable (Yan & Chen, 2015), como los residuos sólidos de la industria langostinera, debido a su contenido de proteínas, quitina y carbonato de calcio. Una primera aproximación al aprovechamiento del residuo es la separación de dichos componentes para valorizarlos individualmente. Estos formarán los productos de primera generación y se obtienen mediante procesos limpios de transformación y extracción basados en la biotecnología blanca, con el uso de enzimas y microorganismos para la generación de productos fácilmente degradables.- Dicha producción requiere menos energía y genera menos residuos en el proceso de producción (Frazzetto, 2003). Terminada la concepción y puesta en marcha del proceso de industrialización del residuo a través de la biotecnología blanca, y consolidadas las alianzas con la academia, el Estado y la empresa, se pueden dirigir los esfuerzos a los productos de segunda generación. Estos, con la biorrefinería completamente desplegada, se obtienen al cumplirse la etapa de extracción y funcionalización de los productos de primera generación para la producción de un sintón, molécula básica relacionada con una reacción de síntesis para la generación de otros productos (Octave & Thomas, 2009). Se ha descrito una gran diversidad de moléculas obtenidas a partir de la quitina y su derivado desacetilado, el quitosano, que plantean nuevas vías para la utilización de los materiales derivados de los residuos sólidos de las langostineras, para la generación de productos de alto valor agregado (Hülsey, 2018).

El proyecto desarrollado (ver figura 1) toma los residuos sólidos generados durante el procesamiento de langostino, que están constituidos principalmente por el cefalotórax del animal. El residuo, que no necesita ser triturado previamente, es mezclado con agua y una proteasa alcalina termoestable capaz de funcionar a 50°C. La selección de una proteasa que trabaje en condiciones alcalinas permite mantener el carbonato de calcio de forma poco soluble puesto que, de otra manera, la proteína obtenida tendría demasiados minerales que serían solubilizados por la acidez del tratamiento. Luego de una hidrólisis de 2 horas se obtiene una solución de proteínas que es filtrada para separar los restos de los caparazones. Estos, parcialmente desproteinizados, forman la quitina cruda que ya puede ser utilizada como un *filler* para la preparación de los hidrocoloides de cobertura para semillas. El líquido contiene dos fracciones de proteína: una fase soluble de bajo peso molecular y una poco soluble y fuertemente pigmentada de proteínas de alto peso



molecular. La separación se logra a través de centrifugación de alta velocidad; la corriente más ligera es sometida a un proceso de ultrafiltración para concentrar las proteínas y recuperar el agua que puede ser reutilizada para el proceso de hidrólisis. La fase poco soluble menos ligera es sometida a un proceso de extracción sólido-líquido con etanol para la extracción de los pigmentos, el principal de los cuales es la astaxantina; posteriormente, el etanol es sometido a un proceso de extracción líquido-líquido, en el cual los pigmentos son particionados favorablemente en la fase oleosa, obteniéndose así el producto final. La proteína recuperada por filtración, así como la proteína poco soluble de la cual se extrajeron los pigmentos, son secadas por atomización. La proteína así obtenida está lista para la formulación de alimento balanceado para otras especies biológicas como la tilapia y la trucha.

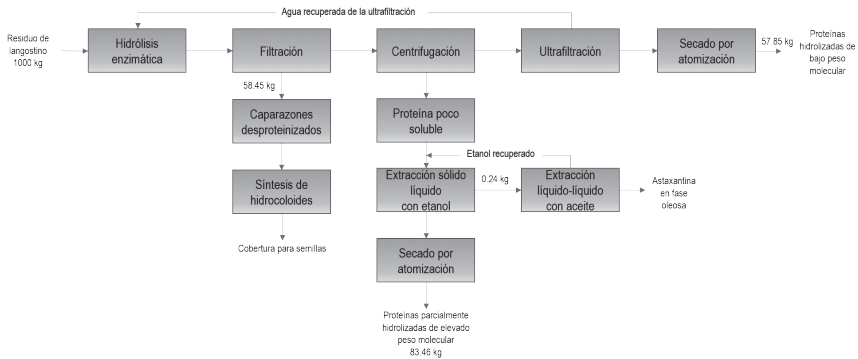


Figura 1: Proceso desarrollado para la valorización de los residuos de langostino.

El proceso basado en biotecnología blanca permite recuperar la proteína que comprende el 70.66% de la masa seca de los residuos de cabeza de langostino (28.93% de proteína soluble y 41.73% de proteína poco soluble). Desde un punto de vista de sostenibilidad, la recuperación de la proteína de los residuos de la langostinera destinados a la alimentación animal compite favorablemente con la proteína vegetal producida para el mismo fin, debido a las presiones ambientales asociadas al desarrollo de los sistemas de agricultura industrializados para satisfacer esa demanda (Henchion, Hayes, Mullen, Fenelon, & Tiwari, 2017) Otra opción es no retirar los pigmentos de la proteína poco soluble y utilizarlos como

alimento con pigmento para salmónidos como la trucha. La quitina cruda representa el 23.23% de la masa seca y los pigmentos, como la astaxantina, el 0.12%. La astaxantina en fase oleosa puede ser utilizada como aditivo para alimentos, los hidrocoloides basados en la quitina están dirigidos a la aplicación de coberturas para las semillas, con el fin de aumentar su viabilidad y evitar la pérdida de humedad de la semilla y su deshidratación una vez germinada (Nussinovitch, 1998); asimismo, se evita el uso de pesticidas gracias al efecto inhibitor que tiene la quitina sobre ciertas plagas (Benhabiles et al., 2012)

## Conclusión

La generación de residuos sólidos en las langostineras, constituyen una oportunidad para generar Desarrollo Sostenible para el país, aprovechando dichos residuos como insumo para dar origen a nuevos productos con valor agregado. Al mismo tiempo, se disminuyen, de manera ostensible, los gastos de disposición final, se reducen los impactos ambientales negativos asociados a dicho manejo y se generan ingresos por la comercialización de nuevos productos, con la creación de puestos de trabajo directos e indirectos bajo la óptica de un manejo sostenible del recurso langostino.

## Referencias

- Ayres, R. U. (1994). Industrial Metabolism: Theory and Policy. En *The Greening of Industrial Ecosystems* (pp. 23-37). Washington, D.C.: National Academy of Engineering. <https://doi.org/10.17226/2129>.
- Benhabiles, M. S., Salah, R., Lounici, H., Drouiche, N., Goosen, M. F. A., & Mameri, N. (2012). Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.013>
- Castillo Hernández, L., Lavín Verástegui Norma Angélica Pedraza Melo, J., & Tecnológica, T. (2014). La gestión de la triple hélice: fortaleciendo las relaciones entre la universidad, empresa, gobierno. *Multiciencias*, 14(4), 438-446. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/904/90433839002.pdf>

- Clark, J. H. (2007). Green chemistry for the second generation biorefinery—sustainable chemical manufacturing based on biomass. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 82(7), 603-609. <https://doi.org/10.1002/jctb.1710>
- Daly, H. E. (2005). Economics in a Full World. *Scientific American*, 100-107.
- FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development goals*. Roma. Italia.
- Frazzetto, G. (2003). White biotechnology. *EMBO Reports*, 4(9), 835-837. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.embor928>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gillett, R. (2008). Global study of shrimp fisheries. *FAO. Fisheries Technical Paper*, 475, 359. Recuperado de <http://www.fao.org/documents/card/en/c/41dcd74-ae40-5dce-8a73-a8ac22c4f9b5/%5C-nhttp://www.fao.org/docrep/011/i0300e/i0300e00.HTM>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods (Basel, Switzerland)*, 6(7), 53. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>
- Hülsey, M. J. (2018). Shell biorefinery: A comprehensive introduction. *Green Energy & Environment*, 3(4), 318-327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gee.2018.07.007>
- Ma, N., & Li, X. W. (2007). University-industry alliance partner selection method based on ISM and ANP. *Proceedings of 2006 International Conference on Management Science and Engineering, ICMSE'06 (13th)*, 981-985. <https://doi.org/10.1109/ICMSE.2006.314012>
- Nussinovitch, A. (1998). Agricultural use of hydrocolloids. En *Hydrocolloid Applications: Gum technology in the food and other industries* (pp. 169-189).
- Octave, S., & Thomas, D. (2009). Biorefinery: Toward an industrial metabolism. *Biochimie*, 91(6), 659-664. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCHI.2009.03.015>

- Parjikolaie, B. R., Errico, M., El-Houri, R. B., Christensen, K. V., & Fretté, X. C. (2016). *Green Approaches to Extract Astaxanthin from Shrimp Waste: Process Design and Economic Evaluation. Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 38). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63428-3.50113-2>
- PRODUCE. (2017). Desenvolvimiento Productivo de la Actividad Pesquera. *Oficina de Estudios Económicos*, 44.
- Yan, N., & Chen, X. (2015). Don't waste seafood waste. *Nature*, 524(7564), 155-157.



# Revisión de las ciudades modelo en pro del medioambiente: Ciudades Sostenibles, Ciudades Sustentables, Ciudades Ecológicas y Ecociudades

Ray Freddy Lara Pacheco, Irma Leticia Leal Moya,  
Javier Eugenio García de Alba Verduzco,  
Blanca Catalina Ramírez Hernández<sup>1</sup>

## Resumen

El presente capítulo tiene como objetivo presentar la importancia de las redes de ciudades y las ciudades modelo en la gobernanza medioambiental. Ya que se asume que en gran medida los problemas del cambio climático y la contaminación son ocasionadas por las urbes del Siglo XX y XXI, que han generado el fenómeno de la ciudad dual. El capítulo a través de siete apartados, reseña el surgimiento del siglo urbano y como ello ha gestado a la ciudad dual, posteriormente identifica la importancia del derecho a la ciudad como promotor de la gobernanza global a través de redes de ciudades (ICLEI y C40) y la gobernanza urbana con el surgimiento de las ciudades modelo (Ciudades en pro del medioambiente, Ciudades Sustentables, Ciudades Ecológicas y Eco ciudades), y cómo ambas dinámicas han sido fuentes impulsoras para la resolución de los problemas medioambientales.

## Abstract

This chapter aims to present the importance of city networks and model cities in environmental governance. Since it is assumed that the problems of climate change and pollution are largely caused by the cities of the twentieth and twenty-first century that have generated the phenomenon of the dual city. The chapter through seven sections,

<sup>1</sup> **Ray Freddy Lara Pacheco:** Departamento de Políticas Públicas, Universidad de Guadalajara  
ray.lara@academicos.udg.mx

summarizes the emergence of the urban century and how it has gestated the dual city, subsequently identifies the importance of the right to the city as promoter of global governance through city networks (ICLEI and C40) and urban governance with the emergence of model cities (Cities in favor of the Environment, Sustainable Cities, Ecological Cities, Eco cities), and how both dynamics have been driving sources for the resolution of environmental problems.

## Introducción

El Siglo XXI ha mostrado signos de un posible siglo urbano debido a los efectos demográficos, económicos y políticos de las ciudades a nivel global, la multiplicación de ciudades medias y grandes en todos los continentes, así como por su consolidación como un actor internacional y agente relevante en la gobernanza global. Ya en su momento, Ana Falú y Cecilia Marengo (2004) señalaban el inicio del “milenio urbano”, donde la ciudad ocupa un rol nuevo y central en el panorama mundial globalizado y, particularmente, en las situaciones de bloques supranacionales. A tal grado que se ha declarado que este periodo “no será dominado por Estados Unidos de América, China, Brasil o India, sino por las ciudades. Este nuevo mundo no es –y no será– tanto una aldea global sino una red de aldeas distintas” (Khanna, 2010: primer párrafo).

Obviamente esta afirmación habría que matizarla, si se parte de que el Estado está en constante reconfiguración permitiendo a las ciudades re-insertarse en el Sistema Internacional y asumir nuevos papeles a nivel global, pero a su vez está buscando nuevas formas de control y contención de estas “fugas de poder desde los Estados-nacionales hacia las regiones y ciudades” (Vegara, 1999: 26). Sin embargo, cabe insistir que los factores primordiales para considerar el siglo urbano son: 1) el crecimiento demográfico; 2) la urbanización del territorio; 3) la capacidad económica de las urbes; y 4) la consolidación de su gobernanza interna e internacional. El presente capítulo se centrará en este último factor, identificando la relación de las políticas públicas locales y el reconocimiento global a través de las redes de ciudades y ciudades modelo en pro del medioambiente.

En las últimas tres décadas se ha identificado la fuerte influencia que tienen las ciudades en los temas relacionados con el medioambiente y el cambio climático, como la creación de redes formales de ciudades el

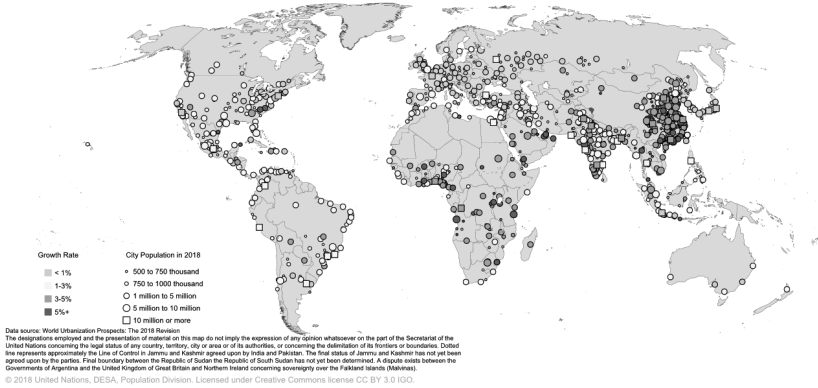
intercambio de buenas prácticas. Todas esas ciudades son consideradas como en pro del medioambiente; pero dentro de este tema hay ciudades que no sólo destacan por pertenecer a estas redes, sino por ser las pioneras y los modelos a seguir para otras ciudades. Donde “las ciudades y los territorios líderes del próximo futuro serán aquellos que generen más valor para su territorio con el menor consumo de recursos” (Gualart, 2012: 24), ya que la ciudad y la regulación de sus relaciones internas, principalmente entre los gobiernos y los ciudadanos cobra gran fuerza al interior de los organismos internacionales y otros actores en los últimos años.

## Determinantes del siglo urbano

Existen factores que permiten deducir que este siglo XXI es y será urbano, ya que son las ciudades el escenario donde se acumulan tensiones, desarrollo y nuevas formas de expresión social, además que son los motores económicos que paulatinamente han aumentado su voz internacional. En ese sentido, Montserrat Termes (2006) señala que a pesar de su diversidad, las ciudades se enfrentan a una serie de retos, la globalización y la reestructuración económica; la inclusión social; el medio ambiente urbano y la gobernabilidad.

La urbanización del territorio tiene una relación proporcional al crecimiento demográfico; debido a que el fenómeno de la urbanización es entendido como el porcentaje de habitantes que viven en ciudades con relación a los pobladores del campo. Según los datos del informe *Revision of World Urbanization Prospects 2018* de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) del 2019, el 55% de las personas en el mundo vive en ciudades. Y se estima que esta proporción aumentará hasta un 13% de cara a 2050, por lo que el desarrollo sostenible dependerá cada vez más de que se gestione de forma apropiada el crecimiento urbano, especialmente en los países de ingresos medios y bajos, que son los que liderarán el proceso. La causa reside en que parte de la población mundial desplazará su lugar de residencia de las áreas rurales a las urbanas y, a esta predicción, se unen las perspectivas de crecimiento demográfico, según las que cerca de 2500 millones de personas adicionales vivirán en las ciudades para esa fecha, y con relación a la población urbana, ésta ha aumentado de manera exponencial –desde 751 millones en 1950 a 4200 millones en 2018– (UN, 2019).

### Imagen 1. Tasa de crecimiento de las aglomeraciones urbanas durante 1990 a 2018

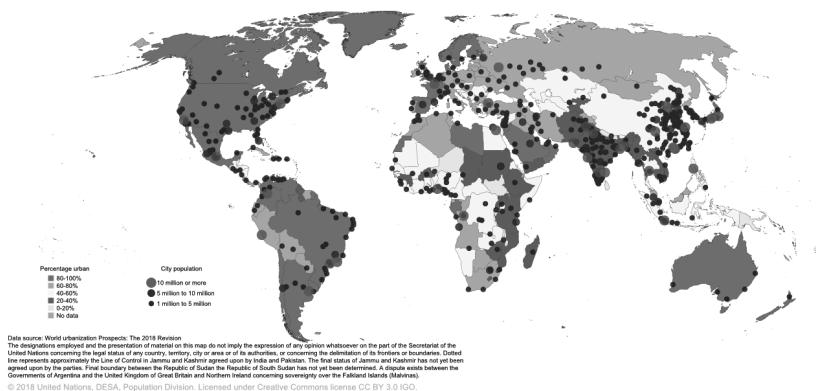


Fuente: 2018 United Nations, DESA, Population Division. Licensed under Creative Commons license CC BY 3.0 IGO.

A pesar de ello, las urbes ocupan el 2% del territorio del planeta-. Con respecto a las treinta ciudades más pobladas del mundo, que contienen a más de 515 millones de habitantes. Según datos de *Thomas Brinkhoff*, en la actualidad (septiembre de 2019) hay 575 ciudades que superan el millón de habitantes, entre ellas 89 metrópolis cuentan con más de cinco millones y de éstas son 34 las mega-ciudades o los aglomerados (de continua urbanización) con más de diez millones de habitantes, de las cuales 13 son consideradas como megalópolis (cuyo crecimiento urbano acelerado lleva al contacto del área de influencia de una con otras zonas metropolitanas y en algunos casos con mega ciudades) al superar los veinte millones de habitantes.



## Imagen 2. Porcentaje urbano por país y tamaño de las aglomeraciones urbanas en 2018



Fuente: 2018 United Nations, DESA, Population Division. Licensed under Creative Commons license CC BY 3.0 IGO.

Con relación a la capacidad económica de las urbes. Desde su origen, la función central de las ciudades reside en el aspecto económico, es decir la unidad básica en la formación de riqueza, ya que “las ciudades proporcionan economías de aglomeración, concentraciones masivas de información sobre los últimos acontecimientos, o sea un mercado” (Sassen, 2005: 36). Sobre este punto, David Harvey indica que “la urbanización proporciona una solución al problema de sobreacumulación de capital -y desempleo- [...] Este problema no desaparece bajo el capitalismo, simplemente tiene soluciones temporales, pero con inmensos efectos irreversibles sobre la vida urbana” (Harvey, 2010: 48-49). Ejemplo de ello es lo que señala Michael Cohen que desde finales del siglo XX, “las ciudades producen más de la mitad del Producto Interno Bruto (PIB) de los Estados y son las primeras en recibir las consecuencias de cualquier cambio económico” (Cohen en conferencia en el Fórum Universal, 2004).

Debido a ello, en las últimas cuatro décadas: 1) “Las ciudades son ahora espacios privilegiados donde la expansión económica ocurre gracias a redes, que dan pie a nuevos empleos y a una compleja división del trabajo: convirtiendo cualquier pueblo en una ciudad extraordinaria” (Taylor, 2007:12 citado por Alfie, 2010: 179). 2) “Las ciudades han pasado a ser el centro de gravedad que cuenta del fenómeno, que se desplaza

de un punto a otro de acuerdo con el peso, la velocidad y la fuerza de los actores y sus circunstancias (étnicas, lingüísticas, religiosas, etc.)” (Torrijos, 2009: 358). Así, dentro de la ciudad, la innovación urbana, representada a través de la accesibilidad y movilidad; el desarrollo de nuevas infraestructuras y arquitecturas; el impulso de las TIC y el diseño de políticas públicas diversas ha sido una constante en los últimos cuarenta años” (Lara, 2014: 3 y 4) lo que ha permitido la creación de nuevas geografías tanto positivas como negativas.

## La Ciudad Dual

El asunto es que estos determinantes también provocan efectos negativos. Si bien en las ciudades es donde se busca una respuesta a los desafíos de la globalización, es también dentro de la ciudad donde se encuentran los fenómenos más preocupantes para el desarrollo humano. No es un fenómeno nuevo, como algunos autores quieren hacer notar. Por ejemplo, Falú y Marengo (2004) indican que “las ciudades son el espacio donde se expresan las complejidades de los procesos que se han producido en el último tiempo como consecuencia de la globalización de la economía y del auge de las políticas neoliberales que se aplican a la producción y gestión del hábitat urbano” (p. 212), aunque es importante reconocer que éstos problemas son antiquísimos.

Una posible respuesta a esta dinámica es lo que se entiende como el fenómeno tecno-económico, en palabras de Jordi Borja y Manuel Castells “se caracteriza simultáneamente por su gran dinamismo productivo y por su carácter excluyente de amplios sectores sociales y territorios. Se generan, dentro del aspecto territorial de las ciudades, procesos de reestructuración, polarización, periferización, fragmentación, segregación, cambios demográficos, desempleo, pobreza, narcotráfico, violencia, entre otros, estos procesos pueden observarse como *dualidad intrametropolitana*. La ciudad global y la ciudad informacional son también la ciudad dual” (Borja y Castells, 2006: 66) o la *Ciudad Fractal* (Soja, 2008: 373). Es decir,

*El auge del sector informático y la expansión de la economía global, dos fenómenos entrelazados de manera inextricable, han contribuido a generar una nueva geografía de la centralidad y la marginalidad,*

*que en parte reproduce las desigualdades ya existentes, pero que también surge de una dinámica específica de las formas actuales de crecimiento económico* (Sassen, 2007: 143).

O lo que es lo mismo, “dentro de la ciudad los fenómenos negativos se intensifican, por ejemplo, problemas medioambientales; especulación sobre el precio del suelo, construcciones levantadas de la noche a la mañana conocida como la ‘arquitectura basura (Lau en conferencia en el Fórum Universal, 2004)’ sin ningún tipo de planificación y control de las administraciones públicas; ‘relación dispar entre el poder central y el poder local para consensuar y repartir competencias’ (Clos, 2004 en conferencia en el Fórum Universal, 2004); se crean ‘archipiélagos de islas de consumidores modernos rodeados de océanos de exclusión’ (Wilhem, 2004 en conferencia en el Fórum Universal, 2004) y el fenómeno del ‘apartheid social urbano’(Saura, 2004 en conferencia en el Fórum Universal, 2004) en otras palabras, segregación social, dualidad de la ciudad y aumento de la economía informal o subterránea” (Lara, 2014: 5) así como la *gentrificación*<sup>2</sup>; todos ellos representados en la *urbanización de la pobreza* como el descenso importante en la calidad de vida en las ciudades (Mc Donald y Simeoni, 1999) o la ciudad de los ricos y la ciudad de los pobres donde se genera la *injusticia espacial* (Secchi, 2015)<sup>3</sup>.

Con respecto al tema medioambiental es bien sabido que son las ciudades las grandes contaminadoras del mundo, conocida también como la contaminación urbana, que es provocada por “el rápido crecimiento de los sistemas urbanos e industriales y ha traído consigo diferentes problemas ambientales relacionados con la producción de desechos, la afectación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, las numerosas emisiones atmosféricas con sus impactos sobre la calidad del aire y la atmósfera, la acumulación de ruido, la contaminación visual y, más recientemente, la afectación por ondas electromagnéticas” (Maldonado, 2009: 67).

2 “Del inglés *gentrification* y refiere al proceso de transformación urbana en el que se registra el reemplazo de un sector de la población de bajos recursos por otro de mayor poder adquisitivo” (Harvey, 2010: 58).

3 El resultado es la gestación de los *barrios miseria* o *slums* (chabolas, ranchos, barriadas, guetos, favelas, zonas marginales, barraquismos suburbanos, tugurios, vecindades, etc.). Un dato concreto de esta situación, es lo que indica el Banco Mundial (2018), si bien hay menos personas que viven en la pobreza extrema, casi la mitad de la población mundial, es decir, 3400 millones de personas, aún tienen grandes dificultades para satisfacer necesidades básicas.

Por dar un ejemplo, son las generadoras del 70% del gas invernadero a nivel mundial y consumen el 78% de la energía mundial (ONU-HABITAT.org, 2018); la huella de carbono de algunas de las mayores ciudades del mundo es un 60% mayor de lo que se estimaba, si se incluyen todos los productos y servicios consumidos por una ciudad (C40, 2018). Y se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual (2030 WRG, 2009 citado por UNESCO, 2015). Así, la evidencia empírica reafirma la incidencia de estos procesos en la organización del espacio urbano, en el territorio de las ciudades y en su actuar para tratar de solucionar los fenómenos de la ciudad dual.

Por ello, las ciudades a través de los gobiernos locales, la iniciativa privada, la academia y la sociedad civil deben emprender políticas, estudios y acciones que mejoren la calidad de vida, tanto de los habitantes de las zonas urbanas como de las rurales, al mismo tiempo fortalecer los vínculos entre ellas. Se trata de que los beneficios de la urbanización sean inclusivos, garantizando que todo el mundo, independientemente de su lugar de residencia, tenga acceso a trabajo decente, cuidados de salud, formación y un medio ambiente seguro.

## Derecho a la Ciudad

Con respecto a la consolidación de su gobernanza interna e internacional, en un primer momento, en la cuestión doméstica, la gobernanza urbana se representa a través de dos fenómenos concretos que establecen nuevas relaciones entre los diversos actores –y no sólo el gobierno local- que actúan sobre la ciudad: 1) “Surgimiento del derecho a la ciudad (garantizar los derechos humanos y la solidaridad, deberes de los ciudadanos), regenerar la democracia representativa, educar en la paz, los derechos humanos, la sostenibilidad, etc.” (Borja, 2003; Elorza en conferencia en el Fórum Universal, 2004; Harvey, 2012); 2) “Surgimiento del espacio colectivo urbano que acoge las formas de interacción institucionalizadas y las relaciones libres entre los ciudadanos que trasciende lo público y se mestiza con lo privado, analizado como centro neurálgico para el desarrollo de las ciudades” (Fórum Universal, 2004). En otras palabras, las ciudades se han convertido en el escenario en el que se acumulan tensiones/resistencias, desarrollo/progreso y nuevas formas de expresión social.

Sobre el primer punto, sus cimientos se remontan a la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 - base jurídica internacional de los derechos humanos-. Este instrumento internacional reconoce en su artículo 25 el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial, la vivienda (*Asamblea General de la ONU, Declaración Universal de los derechos Humanos, 10 de diciembre, 1948, resolución 217 A (III), París Francia*). Para la adecuada aplicación y desarrollo de estos derechos la ONU generó el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales donde incluye el derecho a la vivienda adecuada y el mejoramiento, en todos sus aspectos, del medio ambiente.

La importancia de la conexión entre la ciudad y el derecho se materializa cuando en 2013 la misma ONU lo eleva a la categoría de derecho humano, al aprobar el Protocolo Facultativo de los acuerdos que aglutinan los derechos civiles, políticos económicos, sociales y culturales junto con la Declaración Universal de los Derechos humanos. Es a partir de ello que el vínculo entre el derecho a la ciudad y los derechos humanos se fortalece, pues en junio de 2016 se registra el primer documento de política de Derecho a la Ciudad desarrollado durante los trabajos preparatorios de la Conferencia Hábitat III.

Este documento reafirma el Derecho a la Ciudad como el ejercicio efectivo de todos los derechos consagrados en tratados, pactos y convenciones internacionales de derechos humanos, y considera “las propias ciudades como espacios comunes” previendo siempre “el respeto y la protección de los derechos humanos para todos; el pleno ejercicio de la ciudadanía para todos los habitantes; la dimensión social de la tierra, la propiedad y los bienes urbanos las ciudades y los asentamientos humanos; la gestión responsable y sostenible de los bienes comunes (entorno natural, construido e histórico, bienes culturales, suministro de energía, etc.), espacios públicos e instalaciones comunitarias suficientes, accesibles y de calidad.” (*Asamblea General de Naciones Unidas, Documento de política 1: derecho a la ciudad y ciudades para todos, (Doc. A/CONF.226/PC.3/14), 6 de junio de 2016*). Este novedoso documento mezcla los conceptos de ciudadanía y espacio público para alcanzar, con una visión integral e interdependiente de los derechos humanos, una ciudad completa para todos sus habitantes, entre ellos, la importancia de la sostenibilidad.

Un aporte adicional en la construcción y diseño de la noción del Derecho a la Ciudad es el trabajo permanente de organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y profesionales, así como redes nacionales e internacionales. Estos grupos han acuñado la Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad, producto de largas discusiones sobre cómo lograr ciudades justas, ordenadas, humanas, accesibles, dignas, democráticas y sustentables para todos sus habitantes. Otros mecanismos y acciones institucionales para hacer efectivo el derecho a la ciudad, los derechos humanos y el adecuado desarrollo urbano son los diversos instrumentos jurídicos aprobados a nivel regional, nacional y municipal. Algunos de los más adelantados son la Carta Europea de Salvaguarda de los Derechos Humanos en la Ciudad, institucionalizada desde el año 2000 y firmada por más de 400 ciudades de ese continente. Países como Brasil, Ecuador y Bolivia también incluyen el derecho a la ciudad en sus legislaciones o constituciones, así como Montreal y la Ciudad de México a nivel local.

### **Participación en la Gobernanza Global sobre el Medioambiente y Cambio Climático**

La intervención de las ciudades en la gobernanza global es una motivación propiamente de las ciudades, su participación en los asuntos globales (medioambiente, derechos humanos, desnuclearización, democracia, salud y enfermedad, entre otros) que afectan el desarrollo y bienestar de sus pobladores, ha ido en aumento desde los ochenta, a través de su capacidad para asociarse de manera formal e informal (asociacionismo) para actuar y cabildear en estas problemáticas a nivel global. Ya que, “el municipio resulta ser la instancia organizativa más próxima al ciudadano que tiene posibilidades de incidir en la política nacional e internacional, siempre y cuando coordine sus actuaciones con muchos otros municipios del propio país y de otros países” (Fisas, 1988: 22).

Un tema de la gobernanza urbana y global donde las ciudades se han involucrado de manera importante es la cuestión medioambiental; es decir “si la seguridad es el reto más agudo dentro de ellas, la crisis ambiental es potencialmente catastrófica para todas” (Barber, 2013: 130). Actualmente es el área donde más capacidad de influencia tiene gracias a la serie de organismos que se han creado para difundir sus

buenas prácticas, su posicionamiento político y su acercamiento con los organismos intergubernamentales. “Este nuevo papel está dando lugar a que los gobiernos locales y su agenda adquieran un mayor peso frente a los Estados y que se transformen las políticas de desarrollo, hasta ahora centradas e instrumentadas desde los gobiernos centrales” (Zapata, 2007: 113).

Existen distintas motivaciones para la inserción en el medio internacional de las unidades subnacionales y sus gobiernos no centrales, Hans Michelmann identifica las siguientes:

1. *Actividades económicas diseñadas para promover el comercio, la inversión y el turismo, así como explorar nuevas oportunidades comerciales, y en algunos casos, para aprovechar las fuentes de financiación de otros entes;*
2. *Motivaciones políticas que permitan una hacer un capital político, buena prensa y aceptación de la opinión pública sobre las ambiciones y el carácter de sus líderes (oficial jet-setters), consideraciones partidistas para diferenciarse de los otros partidos políticos y/o de los gobiernos centrales, así como la búsqueda de una independencia política;*
3. *Diferencias étnicas y culturales en estados plurinacionales, consolidar identidades culturales dentro y fuera del territorio así como establecer contactos con sus similares en otros territorios circundantes (transborder ethnic identifications), la promoción educativa a través de distintos mecanismos;*
4. *Preocupaciones ambientales, han motivado a estos actores a intervenir fuera y dentro de sus territorios para poder resolver estos problemas (1990: 299-306).*

Desde la década de los noventa, las ciudades y sus líderes locales se han involucrado de manera intensa en el medioambiente y todo el abanico de temáticas que se incluyen en éste. En 1992 casi doscientos países acordaron en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro la *Agenda 21*, un plan de acción hacia la sostenibilidad; pero pronto las ciudades asumirían el protagonismo de trasladarlo a su ámbito, y en 1994 se celebró en la ciudad danesa de Aalborg la Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles, que aprobó la *Carta de Aalborg* o *Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad*, documento fundacional

de la *Agenda 21 Local*<sup>4</sup>. En junio de 2004 la Conferencia Aalborg +10 con el apoyo de *Los Gobiernos Locales por la Sustentabilidad* (ICLEI, por sus siglas en inglés) hizo balance de la primera década de aplicación de la Agenda en Europa y aprobó un nuevo documento: *Construyendo el Futuro*. Los 21 objetivos que se proponían alcanzar era el marco de actuación más claro y ambicioso que los municipios se hayan planteado nunca en esta materia<sup>5</sup>.

Pero es desde el 2000 cuando las ciudades a través de la creación de redes son consideradas uno de los actores centrales en la gobernanza global del cambio climático, a tal grado que Michele Acuto (2013a, 2013b) las contempla como los nuevos líderes sobre el cambio climático, ya que es importante reconocer que “la identificación de las ciudades que utilizan redes cooperativas formales operan autónomamente con respecto a su gobierno nacional” (Kissack, 2013: 12). Entre las más importantes se encuentran, la red de Ciudades y Gobiernos Locales Unidos (CGLU), la Asociación Mundial de las Grandes Metrópolis (Metropolis), el Grupo de Liderazgo Climático (C40), Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), la Alianza Euro latinoamericana de Cooperación entre Ciudades (ALLAs) o La Red Regional de Autoridades Locales para la Gestión de Asentamientos Humanos (CityNet).

4 “La importancia de este acuerdo es tal que puede afirmarse que hay un antes y un después de la Carta de Aalborg para el medio ambiente urbano, en la medida en que sus contenidos han influido decisivamente en las políticas de estado, los programas políticos y, lo que es más importante, en el despertar de las comunidades locales hacia la sostenibilidad” (Agenda 21 local, citada por Cañizares, 2010: 320).

5 Estos son: 1) Impulsar la democracia participativa en los procesos de toma de decisiones locales; 2) Cooperar eficazmente con los municipios vecinos y el resto de las administraciones públicas; 3) Garantizar que la sostenibilidad sea un eje vertebrador de las decisiones urbanas y la asignación de recursos; 4) Reducir el consumo de energía primaria, fomentar el de las energías renovables y mejorar la eficiencia energética; 5) Mejorar la calidad del agua y su uso más eficiente; 6) Promover la biodiversidad y cuidar y extender las áreas protegidas y las zonas verdes; 7) Mejorar la calidad del suelo y promover la agricultura y la silvicultura ecológicas; 8) Mejorar la calidad del aire; 9) Reducir el sobreconsumo, incrementar el reciclaje y fomentar los productos eco-etiquetados y de comercio justo; 10) Regenerar las áreas degradadas y evitar desarrollos urbanos desestructurados; 11) Conservar, renovar y poner en valor el patrimonio cultural urbano; 12) Promover la bio-arquitectura; 13) Promover el uso del transporte público y facilitar alternativas de movilidad; 14) Promover planes de desarrollo de ciudades saludables; 15) Reducir las desigualdades y la marginalidad; 16) Fomentar el espíritu emprendedor, las buenas prácticas corporativas y la sostenibilidad en los negocios privados; 17) Procurar viviendas y condiciones de vida de calidad y socialmente integradas; 18) Promover un turismo local sostenible; 19) Desarrollar programas que prevengan y alivien la pobreza; 20) Activar la conciencia sobre las causas y consecuencias del cambio climático; 21) Fortalecer la cooperación internacional entre pueblos y ciudades (<http://www.agenda21local.es/>).



Sofie Bouteligier en su libro de 2013, *Cities, Networks, and Global Environmental Governance. Spaces of Innovation, Places of Leadership* identifica el activismo global de las ciudades en la cuestión medioambiental a través del análisis de las redes de ciudades (Metropolis y C40), basándose en el marco teórico de la sociedad en red y las ciudades globales desde una perspectiva de la ecología mundial. El surgimiento de estas redes permite entender el nuevo activismo ambiental global de las ciudades como vehículo de la sustentabilidad (*a networked urban world as vehicle for environmental sustainability*). Esta autora detecta dos tipos de redes de ciudades y sus funciones centrales en la gobernanza global:

1. *Se establecen con el objetivo de hacer frente a los desafíos urbanos de manera más eficiente. Las ciudades cooperan entre ellas como actores intercambiando experiencias (expertise), buenas prácticas (best practices) y conocimiento (know how). Además pueden ser partícipes de estas redes otros actores públicos y privados, los cuales realizan asistencia técnica o financiera mediante acuerdos híbridos (hybrid arrangements) (Spaargaren, Mol, Buttel, 2006).*
2. *Se establecen por la localización estratégica. Aquí cumplen el rol de ser un sitio estratégico como un entorno urbano de interacción. Aquí, el gobierno local no tiene importancia, ya que la ciudad es la que se convierte en el lugar de reunión (conocimiento, infraestructura e instituciones) (Bouteligier, 2018 en Bouteligier, 2011: 153).*

En esta segunda función, “las ciudades que juegan ese rol estratégico en las redes globales son identificadas como ciudades mundiales o globales [...] donde estas ciudades o nodos urbanos no existen por sí mismas, sino que adquieren su importancia desde la misma red. Aquí la unidad de análisis, es la red no la ciudad, debido a ello el enfoque relacional es necesario para su estudio” (Bouteligier, 2011: 153-154). A continuación se presentan las redes de ciudades que han sido consideradas como actores centrales en la gobernanza global medioambiental<sup>6</sup>.

6 Las iniciativas más importantes se identifican: 1) *Alianza del Clima (Climate Alliance)* [<http://www.climatealliance.org/>]. 2) *Asociación Europea de las Autoridades Locales en la Transición Energética (Energy Cities)* [<http://www.energy-cities.eu/>]. 3) *Red Mediterránea para la promoción de estrategias de desarrollo urbano sostenible (MedCities)* [<http://www.usuds.org/> y/o <http://www.medicities.org/>]. 4) *Alianza en los Alpes (Alliance in the Alps)* [<http://www.alpenallianz.org/en/>]. 5) *Pacto de los alcaldes comprometidos*

Y aún más importante, y como lo señala Mónica Salomón al argumentar que la contribución más importante a la gobernanza global que hacen las ciudades, es el flujo de información que los gobiernos locales intercambian a través de ciertas estructuras cooperativas (por ejemplo, las redes formales de ciudades). Sobre este punto “algunos gobiernos locales (administraciones urbanas), a través de la cooperación, se han convertido en activos exportadores de prácticas [...] debido a que han desarrollado experiencias exitosas en ciertas temáticas urbanas y han creído en su difusión internacional, convirtiéndolas de cierta manera en la marca registrada o marca comercial (*trademark*) de la ciudad” (2008: 13).

## Redes de ciudades como instrumento de gobernanza medioambiental

En 1990 con la creación del hasta en su momento Consejo Internacional para Iniciativas Medioambientales Locales, y que en 2003 cambiaría a Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (ICLEI) se reconfigura el poder de incidencia política de las ciudades frente a otros actores internacionales en el tema medioambiental, ya que se definía como:

*Una organización internacional, no gubernamental, no lucrativa, que funciona como una red y asociación de gobiernos locales, fundada en la sede de la ONU como la International Council for Local Environmental Initiatives. Es observadora oficial de las Convenciones sobre Cambio Climático, Diversidad Biológica y de Lucha contra la Desertificación. Tiene como misión construir y dar apoyo a un movimiento mundial para mejoras tangibles en las condiciones ambientales locales; así como generar condiciones para el desarrollo sustentable global, a través de acciones locales acumulativas (ICLEI-México.org, 2018).*

---

*dos con una energía sostenible local (Covenant of Mayors) [http://www.covenantofmayors.eu/index\_en.html]. 6) Consejo Mundial de Alcaldes Sobre Cambio Climático (World Mayors Council on Climate Change, WMCCC) [http://www.worldmayorscouncil.org/]. 7) La última iniciativa *Mayors Adapt* se puso en marcha en marzo de 2014, en el marco del “Pacto de los Alcaldes” mientras que este último centra sus esfuerzos en reducir las emisiones de Gas de Efecto Invernadero, *Mayors Adapt* lo hace en la adaptación al cambio climático [http://mayors-adapt.eu/].*

El ICLEI, al día de hoy cuenta con más de 1,750 gobiernos locales (ciudades o regiones), y tiene una fuerte relación con el *Consejo Mundial de Alcaldes Sobre Cambio Climático* (*World Mayors Council on Climate Change*, WMCCC), iniciativa que surgió en 2005 con la intención de resolver el problema del cambio climático. Uno de los factores centrales de esta alianza es que permite dar visibilidad internacional a las ciudades pero, en particular, a los líderes locales que participan dentro de ella. Por dar sólo un ejemplo, en su momento Marcelo Ebrard, alcalde de la Ciudad de México y Presidente del Consejo Mundial de Alcaldes, durante su discurso en 2010 señaló sobre el cambio climático que:

*Los alcaldes y líderes de las ciudades están en la primera línea (front-line) de la lucha del planeta contra el cambio climático. Las ciudades del mundo deben unirse y poner su conocimiento en el mismo lugar [...] Tenemos que decirle a la comunidad internacional que es en las ciudades donde se ganará la batalla para frenar el calentamiento global* (worldmayorscouncil.org, 2010).

En 2005 se presentó la iniciativa de crear el *Grupo de Liderazgo Climático* o C40 (a septiembre de 2019 ya son 94 las ciudades afiliadas) a propuesta de la Autoridad del Gran Londres (Ken Livingstone y Nicky Gavron) a través del *World Cities Leadership and Climate Summit* con la asistencia de veinte ciudades, el ICLEI y ONG británicas. La intención era reportar sus primeros resultados dieciocho meses después a la ONU, para lo que se decidió crear un espacio de acuerdos así como de intercambio de información (*expertise*) y de recursos entre las ciudades sobre el tema del cambio climático.

Para el alcalde Londres era fundamental que el grupo de ciudades globales asumieran el reto, debido a los siguientes postulados: 1) Lo urbano, como dominio exclusivo de las ciudades, posee una particularidad central en la dimensión “local” de la gobernanza global. 2) Las ciudades globales, entendidas como pivotes de redes mundiales, tienen una centralidad particular entre las demás ciudades. 3) El alcance local y urbano de las ciudades globales, están bien posicionadas a la hora de aplicar políticas climáticas efectivas (Acuto, 2013b).

Sus acuerdos y acciones están precedidos de un trabajo en red. Así, “la internacionalización de las ciudades del C40 en la gobernanza ambiental está, por tanto, fuertemente entrelazada con la capacidad de negociación de estas metrópolis para representar los intereses (locales, urbanos) de la ciudad a través de significativas acciones en la política mundial” (Acuto, 2013b)<sup>7</sup>. Para Helmut Aust, “esta red ilustra que tan lejos han llegado las ciudades para convertirse en actores de la gobernanza global” (Aust, 2015: 265) y es por estas incitativas a nivel urbano que Acuto (2013a, 2013b) identifica la “agencia” de las ciudades del C40 en la gobernanza global y a los líderes de las ciudades (miembros del WMCCC) “como actores promotores de regímenes internacionales (*regime-building agency*)”<sup>8</sup> (Acuto, 2013b: 488).

Entendido estos regímenes, de alguna manera, como las estructuras del sistema internacional u “ordenes internacionales parciales”<sup>9</sup> que gobiernan diferentes áreas de interés en la agenda o política internacional<sup>10</sup> y que “se componen por una red de instituciones, mecanismos, acuerdos interestatales, normas y principios<sup>11</sup>, que pueden ir desde

7 Este trabajo en red se centra en temas de interés común de las ciudades y los socios del C40, los cuales se enumeran a continuación: 1) Adaptación y agua; 2) Energía; 3) Finanzas y desarrollo económico; 4) Medición y planificación; 5) Manejo de residuos sólidos; 6) Comunidades sustentables; y 7) Transporte. “Las redes de colaboración del C40 son grupos activos de trabajo que comúnmente identifican oportunidades, intereses y/o prioridades. Estas redes son apoyadas por personal (*staff*) del C40 para facilitar la transferencia de conocimiento y el intercambio entre pares (*peer-to-peer*), así como proporcionar apoyo directo a las ciudades en desarrollo con relación a políticas locales, programas y/o proyectos, a través de la gestión de asociaciones (*partnerships*)” (C40.org, 2018).

8 A nivel académico, o del campo reflexivo, el régimen internacional “es una construcción teórica que pretende explicar no las situaciones de anarquía y conflicto clásicas de la política internacional, sino las situaciones de orden (su creación, su evolución y su desaparición o cambio) existentes en un campo de actividad (*issue-area*) internacional” (Barbé, 1988: 56).

9 “Creados *ex profeso* y de alcance regional o mundial, cuyo propósito es sustraer ciertas áreas de la política internacional del ámbito de las políticas unilaterales” (Hasenclaver, Mayer y Rittberger, 1999: 499-500).

10 Si la función central de los regímenes “es poner en práctica un conjunto de principios, reglas y procedimientos aceptados y puestos por un conjunto de actores internacionales para regular su participación en determinadas áreas o procesos y compatibilizar sus intereses” (Keohane en Tomassini, 1987: 115). Estos regímenes a lo largo del tiempo, pueden llegar a “reflejar las necesidades y cambios acontecidos en la estructura de la sociedad internacional y pueden ser modificados o modificar las expectativas del sistema”.

11 Las normas y los principios que definen un régimen deben distinguirse de las normas y los procedimientos que describen cómo funciona un régimen. “Los cambios en las normas y principios son los cambios del propio régimen. Los cambios en las reglas y procedimientos son los cambios dentro del régimen” (Krasner, 1983).

meras declaraciones de compromiso hasta complejos mecanismos<sup>12</sup> de evaluación mutua” (Souto, 2009: 33).

## Ciudades modelo como difusoras de gobernanza urbana

A mediados del Siglo XX, la planificación urbana junto con las estrategias de crecimiento endógeno, en mayor o menor medida, han sido los elementos promotores del desarrollo de las ciudades; el gran problema de estos elementos fue su falta de visión “hacia afuera”, al “exterior”, a “lo internacional”, incluso a “lo global” ya que en su momento no eran tan importantes para el tipo de desarrollo promovido por el mundo industrializado, los Estados-nación y la mundialización. Pero esto ha ido cambiando en los últimos cuarenta años a través de distintas acciones a nivel local, con gran impacto a nivel global. Es decir, “es un momento de impulso del *principio de subsidiariedad*, de fomento de la participación ciudadana, un momento, por tanto, proclive a nuevos desafíos en, por y desde la ciudadanía. Fruto de todo ello surgen políticas públicas novedosas que se van haciendo y construyendo en el día a día” (Ruíz Seisdedos, 2006: 95).

*La globalización es un fenómeno imparable y que ejerce influencia en las ciudades. Esto ha llevado a que las ciudades cambien sus políticas públicas para adaptarse en este nuevo contexto. Esta adaptación no siempre es fácil pues el sistema global, interconectado, exige velocidad, inversiones y recursos, personas capacitadas, estrategias innovadoras de gestión y nuevas formas de planear la ciudad (V. Marx, 2006: 6).*

Podría considerárseles desde la teoría de la planificación como *agentes emprendedores* (Fainstein, 2005), *ciudades innovadoras*, ya que “deliberada y planificadamente se proponen recorrer un camino de mejora continua, que se desafía a sí misma para lograr una meta tras otra: 1) Ciudad educadora; 2) Ciudad de buena gestión; 3) Ciudad creativa; 4) Ciudad tecnológica y 5) Ciudad con actitud de cambio” (Lifschitz, 1999: 122) o *territorios inteligentes (smartlands)* “capaces de ofrecer una respuesta

<sup>12</sup> Desde la política internacional o práctica política, “el empleo de regímenes internacionales para regular procesos globales mediante conocimientos y métodos técnicamente más sofisticados que el mero uso de la fuerza” (Tomassini, 1987: 114-115).

coherente, desde su contexto, al reto de la globalización y de los cambios que están produciéndose en nuestra sociedad” (Vegara, 1999: 27).

La gestión de dichas ciudades “y la construcción de nuevos modelos de vida capaces de responder a las nuevas formas productivas y culturales plantean enormes desafíos” (Borja y Castells, 2006: 22). “De vez en cuando, algunas ciudades adquieren el estatus ‘paradigmático’ o de ‘celebridad’ debido a que resumen una época, es decir, el lugar donde todo se conjunta” (Thrift, 1997 en González, 2011: 1397). Cuando estos elementos logran encausarse en un solo objetivo a través de los *stakeholders* se está en presencia de un modelo de ciudad, así “la condición de ‘ciudades modelo’ es el mayor premio deseado por los gestores en relación a sus respectivos proyectos; el reconocimiento definitivo, en la escala internacional, de sus estrategias de ciudad” (Sánchez y Moura, 2005: 21-22).

Promoviendo la base para que otras ciudades retomen estas experiencias para su propio beneficio y puedan desarrollarse dentro de la nueva economía y la globalización. Con ello, la definición de ciudad modelo se obtiene de las brasileñas Fernanda Sánchez y Rosa Moura, y la catalana Nuria Benach, que se citan *in extenso*:

*Son ciudades que han logrado un esquema de funcionamiento, un diseño organizativo, una “manera de hacer” que otras ciudades quisiera imitar. Se trata, sobre todo, de la máxima expresión de la presentación como “ciudades internacionales”. El hecho de aparecer ya de facto como ciudades modelo es el premio máximo al que aspiraban, el reconocimiento definitivo a nivel internacional de sus estrategias de ciudades. Es distinto para el prestigio internacional de la ciudad ser simplemente admirada y reconocida que ser imitada o incluso haya peticiones para comprar su “know how” para importar su experiencia (Benach y Sánchez, 1999: 38).*

*Algunas ciudades son elegidas como referencias modeladoras, y sus programas y proyectos incorporados en la agenda urbana hegemónica [...] son como puntos luminosos en el mundo, un conjunto selecto de ciudades clasificado como “modelo”, calidad constituida a partir de elementos urbanísticos, prácticas de gestión o de lo que suelen llamarse “soluciones creativas” para los problemas urbanos (Sánchez y Moura, 2005: 21-22).*

La función principal de estas ciudades modelo es convertirse en referencia para otras ciudades, es decir influir a nivel global en la toma de decisiones de otras ciudades. Esta tendencia provoca que las ciudades busquen cooperar y ser más competitivas, y por eso existen modelos de ciudad en todo el mundo que pueden ser replicados en aquellos lugares que asuman el reto de adoptarlos y adaptarlos a sus necesidades. Por tanto, no es obligatorio que una ciudad sea considerada como parte del primer mundo –o perteneciente al grupo de redes de ciudades mundiales o globales-, para implementar el modelo y ser considerada como ciudad modelo.

Tanto la promoción de buenas prácticas como los procesos, programas, proyectos y políticas públicas de estas ciudades, con relación a su agencia en la gobernanza urbana y global, aumenta considerablemente; ya que su reconocimiento no sólo es dentro de su territorio y su ciudadanía, o de su Estado contendedor, sino que es reconocido por otros Estados, Organismos Internacionales y obviamente, por otras ciudades, a través de la promoción de sus buenas prácticas, premiaciones internacionales y la emulación de su modelo, en otras palabras, “la construcción de una ciudad modelo es, por sí misma, una estrategia de internacionalidad” (Benach y Sánchez, 1999: 39-40).

Entre las formas de reconocimiento local e internacional se pueden enumerar las siguientes: premios internacionales; considerar como buenas prácticas las políticas implementadas por los organismos internacionales o redes y/o asociaciones de ciudades; aumentar su diplomacia (hermanamientos, contactos al exterior, C2C, etc.); replicar el modelo y sus políticas públicas por parte de otras ciudades, hasta la organización de grandes eventos<sup>13</sup>. Pero la más importante es la satisfacción ciudadana, ya que son los residentes, tanto permanentes como temporales, los que se ven afectados por dichas políticas. Si se parte del supuesto que “todo lo que es realizado en la ciudad y que puede ser identificado con su proyección internacional contribuye con gran intensidad para facilitar su aceptación por los ciudadanos” (Sánchez y Moura, 2005: 23).

Se necesita de una efectividad en los resultados de estas políticas, ya que “las administraciones públicas son juzgadas hoy por lo que dicen, por

<sup>13</sup> Sobre las distintas formas de reconocimiento revisar Lara, R. (2015). *La Construcción de ciudades modelo y su inserción internacional. Los casos de Ciudad de México, Singapur y Bilbao*. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Bilbao, España.

lo que hacen y por como lo hacen. La sociedad va más allá de la valoración de los resultados económicos y exige, también conductas medioambientales y sociales” (Ladrón de Guevara, 2014: 14), debido a ello hay que virar “hacia la gobernabilidad en un sentido más amplio, donde no sólo se levantan encuestas o consultas, sino se utilizan las opiniones de todos los actores involucrados en la toma de decisiones políticas” (García Cacho, 2015: 71). Así, el ciudadano residente es el actor central, el principal beneficiario en el aumento de la calidad de vida. Podríamos entender que “lo que funciona son urbes con un modelo basado en la calidad de vida para compartir con los visitantes” (Puig, 2003). Por tanto, es determinante atender a la población con dignidad, a través de un “empoderamiento cívico” (Amin y Graham, 1997: 425).

## **Participación en la Gobernanza urbana sobre el Medioambiente y Cambio Climático**

Manuel Castells y Peter Hall (1994) opinan que los gobiernos nacionales se han venido distinguiendo por su poca capacidad para actuar sobre procesos funcionales propios de sus economías y sociedades, mientras que las ciudades han logrado adaptarse a la transformación de los mercados, las tecnologías y la cultura. Ello ha provocado que las políticas públicas de las ciudades, que en su momento se convierten en buenas prácticas, trasciendan las fronteras más rápido que las propias políticas estatales o intergubernamentales, incluso algunas de ellas son premiadas. Pero el reconocimiento más importante que puede tener una ciudad, y en sí es lo que la define como modelo, es su reconocimiento por parte de otras ciudades.

En el caso de las ciudades modelo y su gobernanza interna e internacional, depende de las dimensiones que se adoptan en relación a la concepción y evaluación de una política pública (normatividad, institucionalidad, recursos y resultados), en otras palabras identificar: 1) La normatividad existente para la resolución del problema; 2) Los recursos financieros y económicos que se necesiten para su concreción; 3) Los *stakeholders* e instituciones que intervienen; 4) El tiempo observable en cuanto a los resultados; y 5) La identificación de la sociedad civil con el tipo de modelo de ciudad (reconocimiento a nivel interno) y su inserción internacional (reconocimiento global), es en este punto, se estaría hablando de una nueva imagen e identidad de la ciudad.



Así los modelos a nivel urbano tratan de dar respuesta a condicionantes medioambientales (procurando minimizar la huella de los asentamientos humanos), económicos (promoviendo un alto grado de diversificación de actividades), sociales (fomentando la interacción entre segmentos de población de condición dispar) y técnicos (que operan como nodos de una red económica global). Y es de suma importancia que “las ciudades desarrollen un enfoque holístico, sostenible hacia el desarrollo urbano, centrándose en los ciudadanos y necesidades de los *stakeholders*” (Bosse, *et. al.*, 2013: 3). Así, “la construcción de los modelos necesita el reconocimiento de un determinado proyecto de ciudad, frente a otros proyectos locales” (Sánchez y Moura, 2005: 23).

Con relación a la ciudad y el reto medioambiental se han presentado distintos modelos de ciudad, el primero de ellos, son las Ciudades en pro del Medioambiente es cualquier ciudad que intercambia su *expertise* a través de buenas prácticas con respecto a soluciones sobre los problemas medioambientales, por lo general son las ciudades que pertenecen a las redes de ciudades reseñadas anteriormente (ICLEI, C40, entre otras). El segundo modelo, son las *Ciudades Sostenibles y/o Ciudades Sustentables (Sustainable Cities)*, según Graham Haughton y Colin Hunter (2005) son aquellas en las que las personas y las empresas continuamente mejoran al ambiente de manera natural y generan una cultura a nivel de barrio y región, mientras que trabajan en apoyar metas globales de desarrollo sustentable.

Para Alejandro Gutiérrez (2005), una ciudad sustentable es donde se integran al proceso de proyecto e implementación aspectos sociales, económicos, físicos y ambientales simultáneamente. José Mella y Asunción López (2015), definen a las ciudades sostenibles como aquéllas que son atractivas por su eficiencia económica, garantizan un nivel de bienestar no decreciente de los ciudadanos, sin comprometer el de las poblaciones del resto del mundo y contribuyen a controlar los efectos negativos sobre la biosfera y los factores que provocan el cambio climático tanto en el ámbito local como global. Por lo general, reciben ciertas menciones regionales e internacionales para reconocer sus actividades, por ejemplo: *Capital Verde Europea* o los Premios de Liderazgo Climático de la Ciudad del C40.

Un tercer tipo se define como *Ciudades Ecológicas (Ecological Cities)* estas ciudades han implementado políticas públicas para combatir

el cambio climático y aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos mediante el desarrollo de espacios verdes; a diferencia de las *Ciudades Sostenibles*, al ser una política pública éstas alcanzan grandes extensiones de su territorio, por no decir que su totalidad. Algunas ciudades que tienen el reconocimiento de haber sido replicadas son: Curitiba en Brasil (Red Integrada de Transporte); Copenhague en Dinamarca (Planificación de Emisiones de Carbono); Melbourne, Australia (Construcción eficiente de edificios); Trondheim, Noruega (*The Green Partnership Agreement*), Shenzhen (6.000 unidades de vehículos eointeligentes, la mayor flota en servicio con emisiones cero de todo el mundo), Singapur (Créditos por kilómetro).

Por último, el modelo más complejo, la *Ecociudad (Ecocity)* o *Modelo eco-friendly*, la conjunción del prefijo *eco-* con la ciudad reconoce la aspiración a la sostenibilidad y el cambio climático, buscando ambientes 100% funcionales con energías renovables. Para la Fundación Metròpoli, es “una ciudad o comunidad urbana concebida con los criterios más avanzados del eco-urbanismo<sup>14</sup>” (2009, 29). Por ejemplo, la *ecociudad* de Hammarby Sjöstad, a las afueras de Estocolmo<sup>15</sup>. Aunque es importante reconocer que pueden existir anti-modelos que promueven la sustentabilidad como lo podría ser Masdar City, donde se han invertido más recurso y su concepción ha generado una alta huella ecológica en la región de los Emiratos Árabes Unidos<sup>16</sup>.

14 La Fundación Metròpoli ha elaborado un listado con los principios del eourbanismo: “1) Sostenibilidad y compacidad; 2) Énfasis en el transporte colectivo; 3) Diálogo sensible con el paisaje; 4) Calidad y variedad del espacio público de relación; 5) Un espacio de fusión: un lugar para vivir, trabajar y divertirse; 6) Diversidad de tipologías arquitectónicas; 7) Cohesión social; 8) Arquitectura y urbanismo bioclimáticos; 9) Eficiencia energética e integración de energías renovables; 10) Gestión del ciclo completo del agua; 11) Gestión inteligente de residuos; 12) Infraestructura digital de última generación; 13) Inserción en el entorno; 14) Base para la emergencia de una eco-comunidad” (Fundación Metròpoli, 2009: 29).

15 “Fue construida para albergar la villa olímpica de los Juegos Olímpicos de 2004 que Suecia no consiguió. Después, se transformó en un modelo urbano de sostenibilidad, con paneles solares para calentar el agua de servicios comunes y salas de reciclaje en cada edificio. Es una plácida comunidad frente al lago, con canales para pasear, parques y ni un ápice de cristal o acero a la vista. Los edificios no sobrepasan las seis alturas y las comunicaciones están basadas en el transporte público y la utilización compartida del automóvil” (Lonely Planet, 2014: párrafo 13).

16 Masdar City es una de las tres unidades de negocio de la empresa Masdar también conocida como Abu Dhabi Future Energy Company, cuya razón social es la energía renovable con sede en Abu Dhabi. Las otras unidades de negocios son Masdar Clean Energy y Masdar Capital.

Cuadro 1. Ciudades modelo y el reto medioambiental

Objetivo	Modelo de Ciudad	Ciudad Modelo	Reconocimiento	Ejemplos
Reducir el impacto medio ambiental	Ciudades Motores Económicas (Desarrollismo)	Ciudades en pro del Medioambiente	Intercambio de buenas prácticas	Ciudades que pertenecen al C40 e ICLEI.
	Ciudades Emprendedoras ( <i>Entrepreneurial Cities</i> ) Agentes Emprendedores	Ciudades sostenibles/ciudades sustentables (Sustainable Cities)	Ciudades reconocidas con premios o menciones	Ciudades Capital Ecológica de Europa. Premios de Liderazgo Climático de la Ciudad del C40 [en cinco categorías: eficiencia energética y energías limpias (Cities4Energy); transporte sostenible (Cities4Mobility); reducción de residuos (Cities4ZeroWaste); planes de acción climática (Cities4Action); y planes y programas de adaptación (Cities4Tomorrow)]. Ciudades reconocidas por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).
	Gobernanza Urbana ( <i>Urban Governance</i> ) Ciudades Inteligentes ( <i>Smart Cities</i> )	Ciudades ecológicas (Ecological Cities)	Intercambio de buenas prácticas	Curitiba (Transporte Público, Bus Rapid Transit, BRT; más de 1000 espacios públicos verdes). Trondheim (Sør-Trøndelag, Noruega) (The Green Partnership Agreement). Copenhague (movilidad no motorizada) Estocolmo (district heating y district cooling) Portland (certificación LEED). Vancouver (90% de su electricidad es producida a partir de fuentes renovables de energía). Malmö (producción de electricidad en base a energía eólica). Proyecto de gestión transfronteriza del agro-ecosistema del Kagera (Burundi, Rwanda, la República Unida de Tanzania y Uganda) para transformar áreas degradadas en terrenos sanos y productivos.

Objetivo	Modelo de Ciudad	Ciudad Modelo	Reconocimiento	Ejemplos
Reducir el impacto medio ambiental	<p>Ciudades Motores Económicos (Desarrollismo)</p> <p>Ciudades Emprendedoras (<i>Entrepreneurial Cities</i>)</p> <p>Agentes Emprendedores</p>	Eco-ciudades (Ecocities)	Réplica de modelo	<p>Reykjavik, Islandia (99,9% proviene fundamentalmente de energía geotérmica).</p> <p>Sarriguren, España (Gestión del Ciclo completo del agua).</p> <p>Tianjin Eco-City, Nanjing, China (Eco-ciudad de China-Singapur, innovación para el medio ambiente).</p> <p>Nueva Songdo, Corea del Sur (ciudad inteligente y verde, 40% de las 600 hectáreas de superficie que conforman este distrito son espacios verdes).</p> <p>Sitra Low2No (Finlandia); (Low carbon to no carbon city building).</p>
	<p>Gobernanza Urbana (<i>Urban Governance</i>)</p> <p>Ciudades Inteligentes (<i>Smart Cities</i>)</p>	Anti-modelos	<p>Segregación urbana; Costos Excesivos; Stakeholders no comprometido; Corrupción</p>	<p>The Woodlands (Texas); Masdar City (Abu Dabi); PlanIT Valley (Portugal); Dongtan (Shanghái).</p>

Fuente: Elaboración Propia

Para el desarrollo de cualquier modelo, las políticas públicas específicas parten de los objetivos de los grupos de interés o *stakeholders* (gobierno local, sector privado, academia, sociedad civil), y que posteriormente son considerados buenas prácticas, siempre y cuando hayan resuelto el problema en cuestión (en este caso, el cambio climático y demás problemas generados por la contaminación urbana), y a su vez, la población local beneficiada la valore positivamente.

## Consideraciones finales

La globalización, el fenómeno tecno-económico y la urbanización ha provocado situaciones contradictorias concebidas como la *ciudad dual*, así desde finales de siglo XX se han desarrollado estrategias para resolver éstos problemas, al ser propios de la ciudad. Como las ciudades son generadoras de riqueza y pobreza, lo indicado sería que las ciudades

asuman los problemas de la ciudad dual y los resuelvan según sus posibilidades, a través de las políticas urbanas sin intermediación de otros niveles de gobierno y promoviendo el derecho a la ciudad a sus habitantes. Por estos motivos, las ciudades que consiguen lograr conjugar estos retos, son elegidas como referencias modeladoras para otras ciudades; es por ello que en muchas ocasiones la intención de éstas es insertarse a nivel internacional y mitigar las problemáticas de la ciudad dual.

Cuando elementos como vocación, *stakeholders*, derecho a la ciudad, políticas públicas, imagen e identidad logran encausarse en un solo objetivo a través de los grupos de interés, se está en presencia de la definición o adopción de un modelo de ciudad. Cuando éstas son elegidas como referencias modeladoras –ya sean sus políticas, programas, proyectos o acciones- y son la base para que otras ciudades –con ciertas condiciones similares- retomen estas experiencias en su propio beneficio para poder desarrollarse dentro de la globalización y la nueva economía, se estaría hablando de la ciudad modelo. Es decir, son formas de identidad urbana que buscan complementar la acción colectiva y el desarrollo individual, la innovación y la creatividad, la competencia y la cooperación. Por lo tanto, sólo unas pocas ciudades tienen la capacidad de desarrollar modelos de ciudad que sean reconocidas a nivel global.

En el caso de las ciudades sobre el reto medioambiental, han creado distintas formas para resolver las distintas problemáticas a través de su agencia en la gobernanza global mediante redes formales de ciudades, así como su influencia en la gobernanza urbana con la creación de ciudades modelo, lo más importante de ello, es que ambas estrategias están íntimamente ligadas, ya que la política pública urbana eficiente permite el escalamiento a nivel internacional, y viceversa con la difusión de buenas prácticas, reconocimientos y emulación de los modelos, es decir, sobresalir en lo interno para impactar en lo externo.

Así, al momento estas redes y las ciudades modelo son las grandes impulsoras del combate a nivel internacional sobre el cambio climático, la contaminación urbana y demás problemas medioambientales más allá de las iniciativas intergubernamentales como las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COPs) y los acuerdos internacionales como el Acuerdo de París, la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, la Nueva Agenda Urbana y el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres.

## Literatura citada

- Acuto, Michele (2013a). *Global Cities, Governance and Diplomacy, the Urban Link*. London, Routledge.
- Acuto, Michele (2013b). City Leadership in Global Governance. *Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations*. 19(3):481-498.
- Alfie, Miriam (2010). Ciudad global: límite analítico en la construcción del espacio urbano. p. 175-202. En Alfie, Miriam; Azuara, Iván; Bueno, Carmen; Pérez Negrete, Margarita y Tamayo, Sergio (Eds.) *Sistema Mundial y nuevas geografías*. Ciudad de México, UIA-UAM.
- Amin, Ash & Graham, Stephen (1997). The ordinary city. *Transactions of the Institute of British Geographers*. 22(4):411-429.
- Aust, Helmut (2015). Shining Cities on the Hill? The Global City, Climate Change, and International Law. *European Journal of International Law*. 26(1):255-278.
- Barbé, Esther (1988). Cooperación y conflicto en las Relaciones Internacionales (la teoría del Régimen Internacional). *Afers Internacionals*. (17):55-67.
- Barber, Benjamin (2013). *If mayors ruled the world: dysfunctional nations, rising cities* New Haven, Yale University Press.
- Benach, Nuria y Sánchez, Fernanda (1999). Políticas urbanas y producción de imágenes de la ciudad contemporánea: un análisis comparativo entre Barcelona y Curitiba. p. 23-51. En Carrión, Fernando y Wollrad, Dörte (eds.) *La ciudad, escenario de comunicación*. Quito, FLACSO Ecuador.
- Borja, Jordi (2003). *La Ciudad Conquistada*. Madrid, Alianza Editorial.
- Borja, Jordi y Castells, Manuel (2006). *Local y Global. La Gestión de las ciudades en la era de la información* (2ª ed.). Ciudad de México, Taurus.
- Bouteligier, Sofie (2013). *Cities, Networks, and Global Environmental Governance, Spaces of Innovation, Places of Leadership*. London, Routledge.
- Bouteligier, Sofie (2011). Cities and Global Environmental NGOs: Emerging Transnational Urban Networks? pp. 151-175. In Amen, Mark; McCarney, Patricia; Toly, Noah & Segbers, Klaus (Eds.) *Cities and global governance: new sites for international relations*. Burlington, Ashgate Publishing.

- Bosse, Julia; Heichlinger, Alexander; Padovani, Emanuele & Ole Vanebo, Jan (2013). *In Search of Local Public Management Excellence, Seven Journeys to Success*. Maastricht, European Institute of Public Administration.
- C40 (2018). *Consumption-Based GHG Emissions of C40 cities*. New York, IPCC & C40.
- Cañizares, María (2010). Bases teóricas de la Agenda 21 local y su aplicación a Castilla-La Mancha (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. (52):313-339.
- Castells, Manuel y Hall, Peter (1994). *Tecnópolis del Mundo. La formación de los complejos industriales del siglo XXI*. Madrid, Alianza Editorial.
- Fainstein, Susan (2005). Planning Theory and the City. *Journal of Planning Education and Research*. (25):121-130.
- Falú, Ana y Marengo, Cecilia (2004). Las políticas urbanas: desafíos y contradicciones. p. 211-226. En Torres, Augusto (comp.) *El Rostro Urbano de América Latina*. Buenos Aires, CLACSO.
- Fisas, Vicenç (1988). *Los municipios y la paz. Los hermanamientos y otras iniciativas locales a favor de la paz*. Barcelona, CIDOB/Biblioteca de la Pau.
- Fundación Metròpoli (2009). *Sarriguren Ecociudad Ecocity*. Pamplona, Gobierno de Navarra.
- García Cacho, Sergio (2015). *Análisis de la gestión internacional de los gobiernos locales hacia la construcción de una política pública local de internacionalización. La proyección de Guadalajara ante el mundo (2000-2012)*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Políticas Públicas, Universidad de Guadalajara y El Colegio de Jalisco, Zapopan.
- González, Sara (2011). Bilbao and Barcelona 'in motion, how urban regeneration 'models' travel and mutate in the global flows of policy tourism. *Urban Studies*. (48):1397-1418.
- Gualart, Vicente (2012). *La ciudad autosuficiente. Habitar en la sociedad de la información*. Barcelona, RBA.
- Gutiérrez, Alejandro (2005). Nueva ciudad de Dongtan: Shanghái, China. *ARQ*. (60):52-55.
- Harvey, David (2012). *Rebel Cities, from the right to the city to the urban revolution*. New York, Verso.
- Harvey, David (2010). La ciudad neoliberal. p. 45-64. En Alfie, Miriam; Azuara, Iván; Bueno, Carmen; Pérez Negrete, Margarita y Tamayo,

- Sergio (Eds.) *Sistema Mundial y nuevas geografías*. Ciudad de México, UIA-UAM.
- Hasenclever, Andreas; Mayer, Peter & Rittberger, Volker (2000). Integrating theories of international regimes. *Review of International Studies*. 26(1):3-33.
- Haughton, Graham & Hunter, Colin (2005). *Sustainable Cities*. London, Routledge.
- Khanna, Parag (2010). La era de las megalópolis ha comenzado. *Diario La Nación* 5 de septiembre de 2010, [en línea] [<http://www.lanacion.com.ar/1301164-la-era-de-las-megalopolis-ha-comenzado>].
- Kissack, Robert (2013). Introducción: ciudades y espacios urbanos en la política internacional. *Revista CIDOB d'afers internacionals*. (104):7-18.
- Krasner, Stephen (1983). *International Regimes*. Ithaca, Cornell University Press.
- Lara, Ray Freddy (2014). La encrucijada de las ciudades de América Latina en el Siglo XXI. p. 95-114. En Ugalde, Alexander (coord.). *Diálogos para el estudio de América Latina en el siglo XXI*. Bilbao, Servicio Editorial EHU/UPV.
- Ladrón de Guevara, Liliana (2014). Estrategias de Posicionamiento para los Territorios: la comunicación en la cooperación descentralizada. *Documentos de trabajo Módulo 3* Granada, Unión Iberoamericana de Municipalistas (UIM), mimeo.
- Lifschitz, Miguel (1999). De la ciudad tradicional a la ciudad innovadora. *Revista CIDOB d'afers internacionals*. (47):117-130.
- Lonely Planet (2014). "Diez viajes al futuro" El País, 20 de Marzo 2015 [en línea] [[http://elviajero.elpais.com/elviajero/2014/11/18/actualidad/1416270604\\_643429.html](http://elviajero.elpais.com/elviajero/2014/11/18/actualidad/1416270604_643429.html)].
- Maldonado, Juan (2009). Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de Ingeniería*. (30):66-71.
- Marx, Vanessa (2006). Las ciudades en la globalización. *Arquitectura revista*. (2), [en línea] [<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193616282004>].
- Mella, José y López, Asunción (2015). Ciudades sostenibles: Análisis y posibles estrategias. *Encuentros Multidisciplinares*. (50):1-9.
- Michelmann, Hans (1990). Conclusion. p. 299-315. In Michelmann, Hans & Soldatos, Panayotis (eds.). *Federalism and international relations: the role of subnational units*. New York, Oxford University Press.



- McDonald, Joan y Simeoni, Daniela (1999). *Consensos urbanos. Aportes del Plan de Acción Regional de América Latina y el Caribe sobre Asentamientos Humanos*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Santiago, CEPAL.
- Organización de las Naciones Unidas (2016). *Documento de política 1: derecho a la ciudad y ciudades para todos*. (Doc. A/CONF.226/PC.3/14) (en línea) [<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UN-DOC/GEN/N16/160/15/PDF/N1616015.pdf?OpenElement>].
- Organización de las Naciones Unidas (1948). *Declaración Universal de los derechos Humanos, resolución 217 A (III) (en línea)* [[https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR\\_Translations/spn.pdf](https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf)].
- Puig, Toni (2003). *Marketing de servicios para administraciones públicas con los ciudadanos. Red, claves y entusiastas*. Barcelona, Publicación independiente.
- Ruíz Seisdedos, Susana (2006). El surgimiento y configuración de una nueva política: la cooperación descentralizada. *Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas*. 5(1):95-103.
- Termes, Montserrat (2006). *Los retos de la política urbana: Una nueva agenda*. Documento de trabajo. Barcelona, Universitat de Barcelona.
- Salomón, Mónica (2008, March). *Local Governments as Foreign Policy Actors and Global Cities Network-Makers: the Cases of Barcelona and Porto Alegre*. Paper presented at the 49th annual Convention of the International Studies Association, San Francisco, USA.
- Sánchez, Fernanda y Moura, Rosa (2005). Ciudades-modelo: estrategias convergentes para su difusión internacional. *EURE*. 31(939):21-34.
- Sassen, Saskia (2007). *Una sociología de la globalización*. Madrid, Katz Editores.
- Sassen, Saskia (2005). The Global City: Introducing a Concept. *The Brown Journal of World Affairs*. 11(2):27-43.
- Secchi, Bernardo (2015). *La ciudad de los ricos y la ciudad de los pobres*. Madrid, La catarata.
- Soja, Edward (2008). *Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. Madrid, Traficantes de Sueños.
- Souto, Mariana (2009). Los regímenes internacionales en tiempos de globalización. *Sociedad Global*. 3(1):31-42.
- Spaargaren, Gert; Mol, Arthur & Buttel, Frederick (2006). *Governing Environmental Flows: Global Challenges to Social Theory*. Massachusetts, MIT Press.

- Tomassini, Luciano (1987). Reseña de libros. Regímenes internacionales o anarquía internacional. *Revista del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile*. 20(77):114-117.
- Torrijos, Vicente (2009). *Política exterior y relaciones internacionales*. Bogotá, Universidad del Rosario.
- United Nations (2019). *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*. New York, DESA-UN.
- UNESCO (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015*. Paris, World Water Assessment Programme.
- Vegara, Alfonso (2009). Territorios inteligentes. *Ambienta: Revista del Ministerio de Medio Ambiente*. (89):34-58.
- World Bank (2018). *Poverty and Shared Prosperity 2018: Piecing Together the Poverty Puzzle*. Washington, World Bank Group.
- Zapata, Eugene (2007). *Manual práctico para internacionalizar la ciudad. Guía para la acción exterior de los gobiernos locales y la cooperación descentralizada Unión Europea-América Latina. Volumen 1*. Barcelona, Diputación de Barcelona.

#### Sitios web:

- Agenda 21: [<http://www.agenda21local.es/>].
- C40-Cities Climate Leadership Group: [<http://www.c40.org/>].
- Cities & Climate Change Science Conference: [<https://citiesipcc.org/>].
- Fundació Fórum Universal de les Cultures: [<http://www.fundacioforum.org/>].
- ICLEI-Local Governments for Sustainability: [<http://www.iclei.org/>].
- ICLEI-México: [<https://iclei.org.mx/>].
- ONU: [<https://www.un.org/>].
- ONU-HABITAT: [<http://unhabitat.org/>].
- Thomas Brinkhoff: [<http://www.citypopulation.de/>].
- United Nations, DESA, Population Division: [<https://population.un.org/wup/>].
- World Mayors Council: [[worldmayorscouncil.org](http://worldmayorscouncil.org)].



# Bueno para comer en México

Javier Eugenio García de Alba Verduzco,  
Blanca Catalina Ramírez Hernández<sup>1</sup>

## Introducción

A un cuando el hambre sigue siendo uno de los mayores problemas en el planeta, los habitantes de las ciudades, donde vive más del 70 % de la población, se han acostumbrado a tener al alcance de su mano casi cualquier alimento que les apetezca por más lejano que esté el origen de producción y casi en cualquier época del año. La mayoría de los consumidores ignoran quién y dónde se produce lo que ponen en su mesa. Esta distancia del binomio productor y consumidor junto con la ausencia de información científica disponible, ha generado una gran brecha en el entendimiento y la reflexión de los alimentos que consume, es decir; cómo se produce, la distancia que recorre y el impacto que genera, a quién beneficia o perjudica con su compra, impacto a mercados locales, cambio en la nutrición familiar, pérdida de la cultura culinaria, disrupción en los productores regionales, entre otros impactos. Es por ello que es urgente generar puentes de conocimiento colectivo que disminuya esta brecha, brindando conocimiento científico integral multidisciplinario que esté disponible a los consumidores para generar elementos de reflexión en lo que comemos.

Dicho lo anterior, el reto que gran parte de la población en México enfrenta es, por un lado el fácil acceso a alimentos con muy baja aportación nutricional, y por otro lado los ingresos limitados del salario familiar. En este documento se busca desmitificar que la leche no es necesaria o útil para la alimentación, para lo cual se hace una revisión del contenido de proteínas de la leche y su comparación con los sustitutos de las mal denominadas “leches vegetales”. Además, se abordan

<sup>1</sup> División de Ciencias Agropecuarias e Ingenierías, Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara, México.

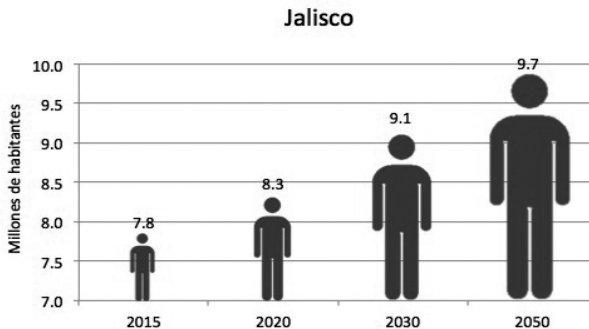
ejemplos de alimentos de la dieta mexicana como lo son huevo y maíz (totopos) y la comparación de proceso, costos y sustentabilidad social.

Este trabajo es una aproximación a la sustentabilidad social y abarca ejemplos del consumo de alimentos desde la perspectiva multidisciplinaria; económica, antropológica y nutricional por lo que se desarrolla un acercamiento a lo que es **bueno para comer en México**.

## Población y economía

Todos los días, a lo largo de toda la historia del ser humano nos hemos hecho una pregunta de forma continua: ¿Qué vamos a comer hoy?

Uno de los principales retos que tenemos a nivel mundial es cómo alimentar bajo un modelo eficaz, racional y sustentable (Shiva, 2016) (ONU, 2015) a una población de 7,700 millones de personas que habitan este planeta en la actualidad y con una proyección de crecimiento para el 2050 de 9,700 millones a nivel mundial, de 148 millones para Mexico y de 9.7 millones para Jalisco (Figura 1) (OMS, 2019). En México hablamos de una población actual de más 125 millones de mexicanos (INEGI, 2019), particularmente en el estado de Jalisco nos referimos a una población de más de ocho millones de habitantes, y se espera que del 70 al 80 % de todas las personas que vivan en ciudades serán dependientes de alimentos producidos en zonas rurales. Aunado a que México es dependiente de alimentos importados, ya que pasó de ser un país autosuficiente en materia de alimentos a depender en parte de la importación de alimentos desde la década de los 70's.



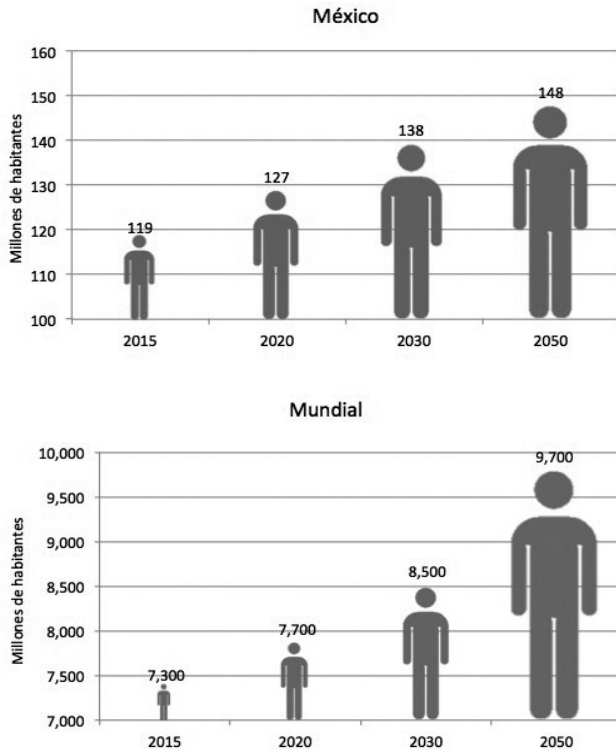


Figura 1. Población estimada para Jalisco, México y el Mundo, para el año 2050 (OMS, 2019).

## Reto de alimentar a cada vez más personas

El reto en las condiciones de nuestro país es aún más complejo ya que no solo es la disponibilidad de alimentos física, sino también nos enfrentamos a variables socioeconómicas ya que son las que determinan e impactan la alimentación de un territorio. En México tenemos una población de más de 52 millones de personas que viven con pocos ingresos económicos en la categoría de estado de pobreza (CONEVAL, 2019), por lo tanto, **cuatro familias de cada diez en México se encuentra actualmente en situación de pobreza con un ingreso mensual inferior a \$11,300 pesos**, es decir, con \$377 pesos diarios (18 dólares USA

diarios), y destina entre el 35 y 50 % a alimentación (Figura 2), surge la pregunta ¿alcanza este presupuesto para alimentar a cuatro integrantes de una familiar típica? Considerando que cada integrante de **una familia mexicana en pobreza tiene que desayunar, comer y cenar diariamente con tan solo de \$32 a 47 pesos**, que dividido entre cada comida del día es poco más de **\$10 pesos por persona** (Figura 3).

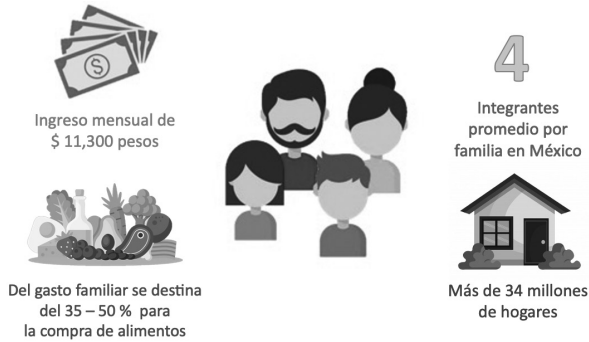


Figura 2. Perspectiva de los hogares en pobreza en México, integrantes por familia, ingreso mensual y gasto destinado para la alimentación.

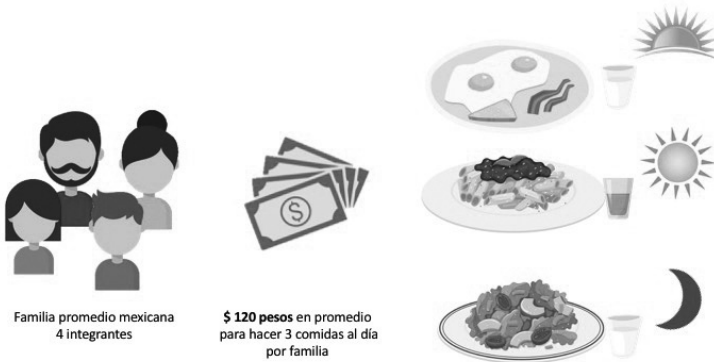


Figura 3. Presupuesto disponible diario para las tres comidas de una familia típica en estado de pobreza.

Por otro lado, ocho de cada diez mexicanos (INEGI, 2019) vive en zonas urbanas es decir, son dependientes territoriales de la compra de alimentos. Es por ello forzoso profundizar en el tema de la seguridad alimentaria y acceso a alimentos sanos, de la forma de producción y de la dinámica del consumo de alimentos con una visión holística sustentable.

## Nutrición

Cabe mencionar que para contestar la pregunta con la cual iniciamos este análisis **¿Qué vamos a comer hoy?**, debemos tomar en cuenta alimentarnos de forma saludable para tener una vida sana, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) indica que la recomendación de consumo diario de proteínas es de 0.8 gramos de proteína por kilogramo de peso; por ejemplo una niña de 10 años de 26 kilos tendrá que consumir 20.8 g de proteína/diaria. Limbery (2017) menciona que los lácteos tienen un valor de conversión proteínica del 43 % y de eficiencia de conversión calórica de 40 %, muy por encima de las carnes rojas y vegetales.

Por lo tanto, **con un vaso de leche entera de vaca (250 mL, 8.3 g de proteína ) y dos huevos revueltos (13 g de proteína), en conjunto 21.3 g de proteína, esta niña puede alcanzar la cantidad necesaria de proteína diaria recomendada por la OMS para su buen desarrollo.** En la parte económica, actualmente con productos mexicanos; un litro de leche entera cuesta en promedio \$16 pesos y el kilo de huevo \$27 pesos por lo tanto con **\$8 pesos** se puede cubrir la proteína diaria necesaria para alimentar sanamente a esta niña. Sin embargo, si consideramos otras tendencias con las bebidas vegetales (soja, almendra, entre otras), en su mayoría elaborados con ingredientes de importación, contienen en promedio en un vaso de 250 mL, 6.5 y 7.9 g de proteína, respectivamente y en un plato de avena con una porción en dos sobrecitos de 35 gramos cada uno de avena, cuenta con solo 8.4 g de proteína teniendo que sólo alcanzamos solo 16.3 g proteína es decir solo 78 % de la proteína recomendada al día. Respecto al factor económico, considerando el costo promedio de un litro de bebida de soja a \$21 pesos y el de almendras a \$42 pesos, así como el costo de cada sobrecito de avena a \$6 pesos, el costo total de este desayuno es de **\$17.7 a \$22.5 pesos** diarios en promedio por persona, es decir, cuatro familias de cada diez que se encuentran en esta situación de pobreza no podrían cubrir con su salario la segunda opción (Figura 4).

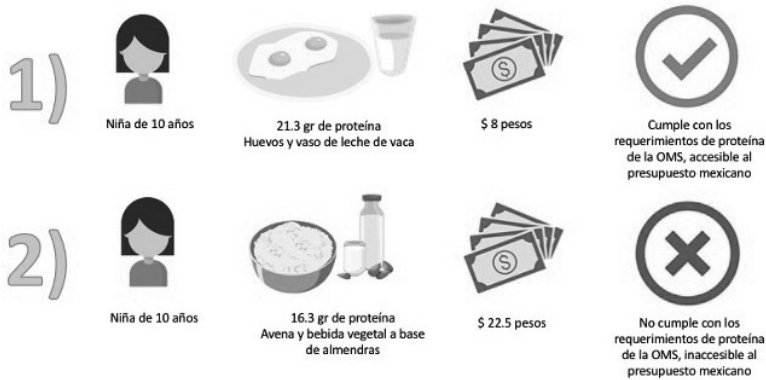


Figura 4. Comparación entre la aportación de proteína de dos desayunos con los respectivos presupuestos para una familia en situación de pobreza en México: 1) a base de huevo y leche y 2) a base de avena y bebida vegetal.

Sumado a la complejidad anterior en nuestro país tenemos otro gran elemento a considerar en la alimentación, el cual es, el consumo de alimentos chatarra ya que tenemos el primer lugar de consumo de refrescos a nivel mundial, es por ello que es más compleja una alimentación sana. Un estudio científico realizado en adolescentes reveló que el promedio de ingestión diaria de refrescos fue de más de medio litro (183 litros de refresco en un año), esta ingesta durante 10 años, teóricamente, podría incrementar en un individuo hasta 50 kg de peso (Gutiérrez *et al.*, 2009); por otro lado, el promedio de gasto anual en refrescos por persona en nuestro país es de más de \$3,400 pesos y el de la leche de vaca es de poco más de \$2,100 con un consumo de 132 litros por persona al año, el equivalente a un vaso y medio diario (360 mL) (Figura 5).



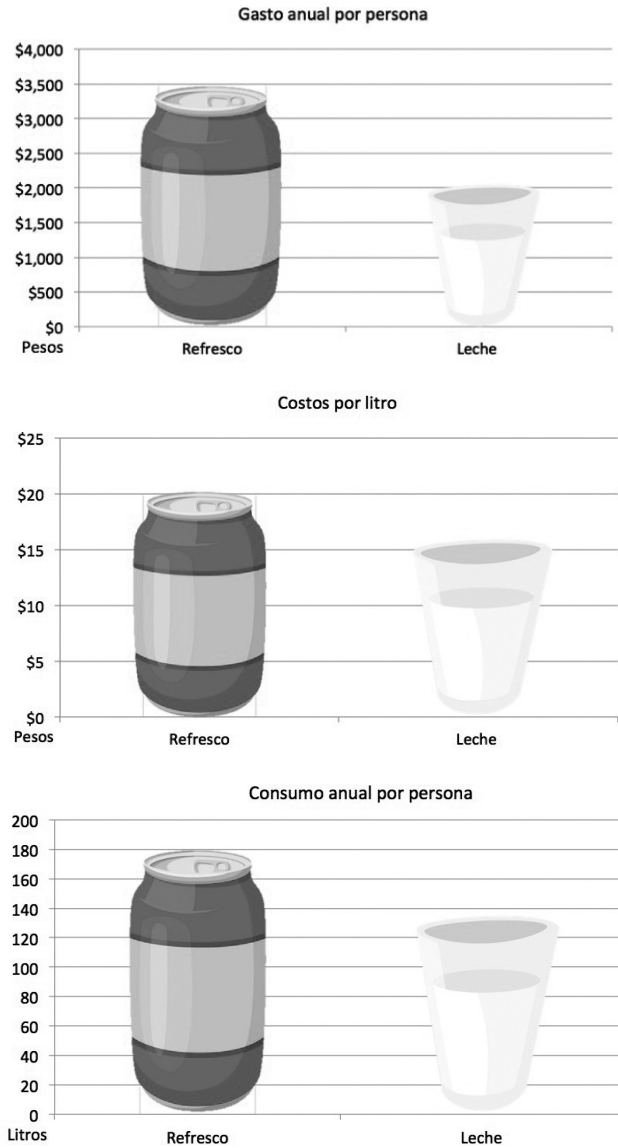


Figura 5. Comparación entre el gasto anual por persona de refresco y leche de vaca, el costo de estos productos, y el consumo anual por persona de refresco y leche de vaca, en México.

Otros elementos a considerar son los mitos y tendencias que son aprovechados por ciertos grupos de mercadotecnia empesarial para posicionar sus productos generando cambios en la percepción social y en el consumo de alimentos de la canasta básica, como es el ejemplo de la leche.

Referente al consumo de leche por los diferentes grupo etarios es un mito que ha sido rebatido por información científica que demuestra las ventajas del consumo de leche y derivados lácteos (cuando no se tenga alguna restricción médica). Así, en la dieta de los adultos mayores estos productos representan ventajas nutricionales, gracias a propiedades tales como su composición de aminoácidos indispensables, contenido de proteínas de alto valor biológico, (junto con las del huevo y de la carne, son las proteínas de más alto valor en la dieta humana), contenido de vitaminas (folatos, vitamina B12, riboflavina, ácido pantoténico), incorpora a la dieta minerales como calcio (la leche es la fuente más importante de este mineral), magnesio, selenio, entre otros (Acevedo y Robledo, 2019).

Hay que recordar que la leche de vaca junto con el huevo son las proteínas de origen animal más accesibles en México y Latinoamérica; la Unión Nacional de Avicultores Mexicana reporta que el consumo anual de huevo por habitante es de 22 kg, es decir 305 huevos por persona aproximadamente (Carranco-Jáuregui *et al.*, 2017). Al ser un producto económico y que se puede encontrar disponible en los propios hogares (producción de gallinas para producción de huevo y para consumo de carne) (Domínguez, 2019). Un estudio realizado por Iannotti (2017) concluyó que si desde los seis meses de nacido se incorpora un huevo en la dieta de los niños mejora de forma significativa el crecimiento, asimismo, se evidenció que este alimento, que generalmente es accesible para grupos vulnerables, tiene el potencial de contribuir en el desarrollo infantil. El huevo tiene una vida de anaquel de más de 15 días sin necesidad de refrigeración, con una gran versatilidad en su preparación forma parte de nuestra cultura culinaria y vida rural (Carranco-Jáuregui *et al.*, 2017); además, se puede producir de forma local por las mismas familias en los traspatios, el cual es un elemento de sustentabilidad social y genera un beneficio económico e identidad cultural.

Es por ello que debemos de tomar un criterio de precaución y visión integral al implementar las decisiones en cuanto a políticas de alimentación sustentable social considerando las condiciones de nuestro país de culturales, económicas y ambientales.

## Sustentabilidad social: economía, cultura y alimentación

El concepto de sustentabilidad normalmente lo asociamos a aspectos ambientales, pero es un hecho que la tridimensionalidad de la sustentabilidad fue proyectada con la integración de la sustentabilidad: ecológica, económica y también social (Foladori, 2002). Estas esferas son difíciles de integrar; por separado las dos primeras son las que han tenido mayor aplicación, pero la tercera es la más ardua de interpretar por las aristas que se concentran en el propio concepto y en la práctica; por ejemplo para compras de alimentos se ven por separado las prioridades como calidad, precio, valor nutritivo y la sustentabilidad (Asrilevic *et al.*, 2020); sin embargo, no necesariamente se contempla la sustentabilidad social. En este documento más que entender los procesos implícitos en la presión al ambiente por problemas de sobrepoblación, nos hemos enfocado a la relación que existe entre el acceso económico y cultural a los alimentos nutritivos (sustentabilidad social). Es importante mencionar que la producción local implica en términos generales menor huella de carbono, mayor identidad cultural y aumento en el desarrollo regional.

Por otro lado, la globalización ha permitido que tengamos “aparentemente” mayor diversidad de “alimentos sustentables” en nuestras mesas, el inconveniente es que si la sustentabilidad es la idea de: tener alimentos en empaques reciclables, biodegradables, origen vegetal, importados de grandes empresas, con nutrimentos adicionados artificialmente, etcétera, como lo anuncia la mercadotecnia actual con personajes públicos que no tienen información científica pero sí influencia social. Es por ello, que se requiere hacer una reflexión mayor de las “ventajas” de estos productos, ya que tienen eco en el consumidor, lo que hace necesario una reflexión profunda sobre si estos productos son adecuados, sustentables y accesibles en los sentidos: económico, ecológico y sociocultural.

Es frecuente que un producto alimenticio artificial tenga un mayor costo económico y menor calidad nutricional, comparado con un producto natural; la mercadotecnia nos muestra opciones que nos hace desdeñar equivalencias de producción local con mayor afinidad cultural y pagando un alto precio medioambiental y también en el desarrollo regional, ya que influye en la pérdida de empleos e identidad cultural; como lo podemos ejemplificar en el siguiente caso de los totopos de maíz: donde la

producción tradicional de **totopos en el estado de México de forma artesanal vs totopos comerciales de una empresa extranjera**. Los totopos locales artesanales se producen con tres ingredientes: maíz, aceite y sal a un valor de venta aproximado de **\$ 100 pesos** el Kg; mientras que los totopos industrializados extranjeros se producen con más de 10 ingredientes, entre ellos conservadores, colorantes y saborizantes artificiales, con un precio de venta de **¡dos a diez veces más!** Así, la primera opción fomenta la economía local, desarrollo regional, empleos y arraigo en la zona rural y la sustentabilidad social, y en la segunda no necesariamente (Figura 6).

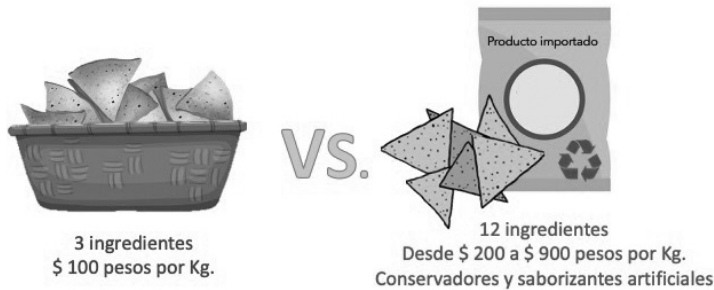


Figura 6. Comparativo entre la producción de totopos artesanales a nivel local vs industrializados extranjeros.

En este capítulo hemos realizado el consumo de tres alimentos accesibles económica, nutricional y culturalmente, se enfatiza la preferencia del consumo local, autosuficiencia alimentaria y desarrollo regional que implica menores costos de traslado como parte de un escenario de sustentabilidad social.

## Consideraciones finales

El reto que tenemos en la actualidad es alimentar a más de 125 millones de mexicanos, pero hacerlo de forma **responsable y sustentable, es decir con calidad nutricia y sin calorías huecas, por lo que la meta es; la elección de una dieta que sea aceptable en el contexto social, económicamente accesible y al alcance de todos**. La forma de lograr un reto de esta naturaleza se centra no sólo en cubrir cantidad y calidad sino en hacer el proceso sustentable a nivel ecológico, económico y cultural.

Así, en este horizonte, debemos rescatar lo que **es bueno para comer en México**, los alimentos propios, los que producimos en nuestro territorio y que forman parte de nuestra cultura, de nuestra tierra, de nuestros empleos, de nuestra idiosincrasia; es decir alimentos que produzcan bienestar en la salud de las familias, de una manera económicamente accesible, con la perspectiva de la justicia social sustentable y de forma amigable para el territorio y nuestro planeta. Para esto, es importante reconocer que la leche de vaca junto el huevo y el maíz (además del frijol y el chile) son de los alimentos más consumidos en México y son algunos de los alimentos más importantes en la dieta del ser humano en el mundo.

El sistema taylorista para la producción de alimentos ha funcionado para el trabajo en serie, empresarial y de consumo masivo; sin embargo, ha impactado en el consumo basado en la mercadotecnia, en la disminución de la producción del pequeño productor y en el aumento en la generación de residuos en el campo y en el destino final, pero particularmente en la forma y en el valor social de la producción de los alimentos, lo cual es una oportunidad para transitar a un nuevo modelo. Urge la integración de valores en la producción de la sustentabilidad social, el consumo informado y la revaloración de la autosuficiencia alimentaria.

## Literatura consultada

- Acevedo, P. A., & ROBLEDO, L. M. F. G. (2019). Adulto mayor. GACETA MÉDICA DE MÉXICO 152 Suppl 1:40-44.
- Asrilevich, E., Truffer, I., Zonis, N., & Nolla, J. D. (2020). Compras Sustentables. Caracterización y análisis de las compras sustentables de carnes, lácteos, frutas y hortalizas demandadas por instituciones del Estado provincial. Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento, 10(10).
- Carranco-Jáuregui, M. E., Carrillo-Domínguez, S., Ávila-González, E., & Solano, M. D. L. (2017). Cambios de la fracción hidrosoluble de huevo de gallinas alimentadas con harina de camarón almacenado a diferentes tiempos y temperaturas. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 8(4), 365-373.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2019). <https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Documents/INGRESO-POBREZA-SALARIOS.pdf>. Consulta: octubre de 2019.

- Domínguez, B., & María, V. (2019). Campaña para incentivar el consumo de huevo en madres embarazadas de la provincia de Chimborazo caso: ministerio de inclusión económica y social (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019).
- Foladori, G. (2002). Avances y límites de la sustentabilidad social. *Economía, sociedad y territorio*, 3(12).
- Gutiérrez Ruvalcaba, C. L., Vásquez-Garibay, E., Romero-Velarde, E., Troyo-Sanromán, R., Cabrera-Pivaral, C., & Ramírez Magaña, O. (2009). Consumo de refrescos y riesgo de obesidad en adolescentes de Guadalajara, México. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 66(6), 522-528.
- Iannotti, L. L., Lutter, C. K., Stewart, C. P., Riofrío, C. A. G., Malo, C., Reinhart, G., ... & Waters, W. F. (2017). Eggs in early complementary feeding and child growth: a randomized controlled trial. *Pediatrics*, 140(1), e20163459.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). <https://www.inegi.org.mx/>. Consulta: octubre de 2019.
- Shiva, V. (2016) ¿Quién alimenta realmente al mundo?: El fracaso de la agricultura industrial y la promesa de la agroecología. Capitán Swing. Pp. 372.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible
- Disponible en: [https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf)
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). Disponible en: [https://www.who.int/nutrition/topics/exclusive\\_breastfeeding/es/](https://www.who.int/nutrition/topics/exclusive_breastfeeding/es/). Consulta: octubre de 2019. Perspectivas de la Población Mundial. 2019.



# Visión general de la Producción Lechera

José de Jesús Olmos Colmenero, Angélica Isabel García Navarro,  
Luis Enrique Lomelí Rodríguez<sup>1</sup>

## Panorama global

La leche es uno de los productos alimenticios con mayor valor debido a su relevancia a lo largo de la historia de la humanidad. Desde el punto de vista económico, la leche se posiciona entre los productos más importantes a nivel mundial gracias a su alta producción y consumo generalizado. Actualmente, los lácteos se encuentran dentro de la canasta básica y forman parte integral de la dieta de casi todos los países del mundo, adquiriendo por lo tanto, un alto valor social y generando una cultura particular entorno a este alimento. Por otro lado, son numerosos los beneficios a la salud que la leche otorga a los consumidores y que no se limitan a su valor nutricional, sino que constituyen un factor de prevención en múltiples patologías. Entre ellas podemos citar enfermedades óseas, cardiovasculares, hipertensión, y algunos tipos de cáncer. Es importante resaltar, además, su valor en la lucha contra el sobrepeso, la obesidad infantil, y la diabetes (Figura 1) (FAO,2020 y Fernández, 2014).

Los beneficios del consumo de leche como fuente importante de nutrientes, curador de dolencias y aliado del crecimiento en infantes (Rodríguez, 1993) no son noticias nuevas. Los primeros registros provienen de una de las civilizaciones más antiguas, los sumerios. Si bien hace aproximadamente seis mil años dicha civilización (junto con los babilonios), documentó el uso de los lácteos, sobre todo con propósitos medicinales (Organización Interprofesional Láctea, 2015), el consumo de leche se puede rastrear en los registros fósiles del creciente fértil hasta hace más de 9,000 años (Felius, Marleen & col., 2014).

<sup>1</sup> **José de Jesús Olmos Colmenero:** Centro Universitario de los Altos  
**Angélica Isabel García Navarro:** Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
**Luis Enrique Lomelí Rodríguez:** Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias



Figura 1. Beneficios de la leche en la salud, adaptado de FAO (2016).

En la actualidad los productos lácteos conservan su relevancia como fuente nutricional pues a través de numerosos estudios ha sido demostrado su contenido de proteínas, vitaminas como B4, B5 y B12 y minerales entre los que se incluyen calcio, magnesio, selenio, riboflavina y vitaminas, así como otros componentes como las **beta-caseínas** de las que aún se siguen estudiando sus beneficios a la salud. En promedio, se considera que el consumo de leche aporta 8.3 g de proteínas, 7.6 g de grasas y 134 Kcal de energía al día por persona. Además, los lácteos y en especial la leche son productos de fácil acceso económico (Figura 2) esto posiciona a la leche una excelente opción alimenticia para complementar la dieta (FAO, 2020).



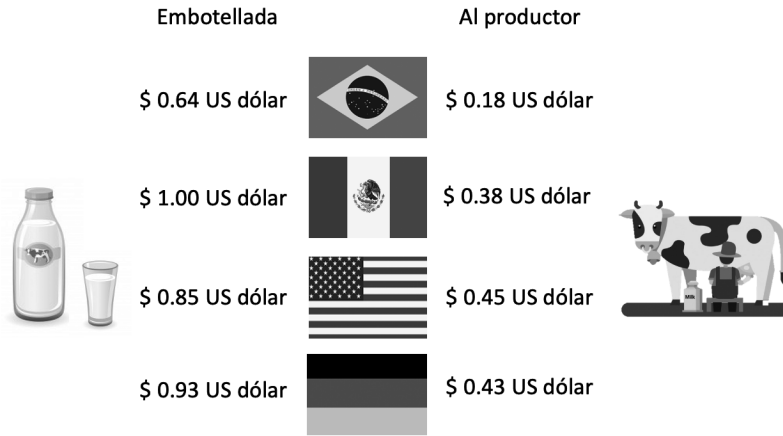


Figura 2. Costo promedio al público en dólares estadounidenses (US dólar) por un litro de leche embotellada en distintos países y costo promedio pagado al productor por un litro de leche en el año 2020.

Aunados a sus aportaciones a la salud y alimentación, la producción de leche también tiene un papel importante a nivel económico, ya que hay toda una industria alrededor de ella creando empleos. Además de la extracción de leche, las actividades de procesamiento que la transforman en productos como la mantequilla, el yogur, el queso y la leche en polvo también generan empleos. Las empresas lácteas suelen representar en todos los países entre un 10 y un 30% del total de empresas agroalimentarias (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002). La industria láctea genera aproximadamente 240 millones de empleos lo que contribuye indirectamente al sustento de mil millones de personas en el mundo (FAO, 2016).

Aunque la industria láctea es una actividad que se desarrolla en todo el mundo, tan solo diez regiones son responsables del 74.4% de la producción global de leche. En primer lugar, se encuentran los países que conforman el bloque de la Unión Europea con una generación de 166.7 mil millones de kg de leche; aproximadamente el 30% del total. En segundo lugar se posiciona Estados Unidos con 98.7 mil millones, es decir el 19%. En tercer lugar se encuentra India con 90.2 mil millones aproximadamente, lo que significa 14%. Por último destacamos

el papel de México con aproximadamente 12.4 mil millones de kg que constituyen el 2.4% de la producción total y que lo sitúan en el décimo puesto (Figura 3) (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina, 2018).

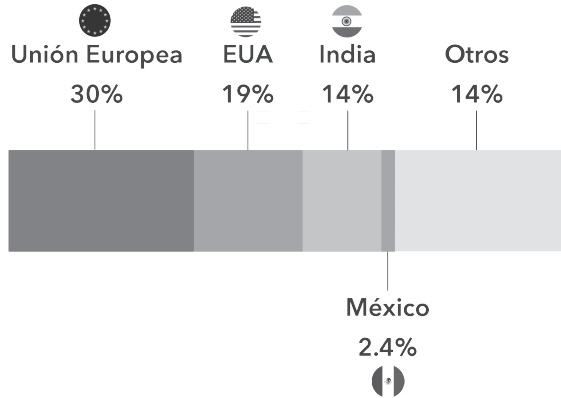


Figura 3. Principales países productores de leche en el año 2018 (Adaptado de Observatorio de la Cadena Láctea Argentina, 2018).

Los principales animales que se utilizan para la producción de leche comercial en el mundo varían de región a región gracias a las características climáticas, geográficas y bióticas que permiten la explotación de ciertos animales sobre otros, sin embargo la cuestión cultural juega también un papel muy importante en dicha elección. Por ejemplo, las llamas y alpacas son dos especies de camélidos nativos que han tenido una estrecha relación con las culturas andinas y han sido altamente aprovechadas a lo largo de 6,000 mil años como fuente de carne, fibra, cuero, sebo, estiércol, sangre entre otros productos, sin embargo, resulta muy interesante que nunca hayan sido utilizadas para ordeño a pesar de ser productores de leche de alta calidad (Gade, 1993). En el otro extremo se encuentra la vaca que es por mucho el animal más común en la actividad, pues produce el 82.7% de la leche consumida globalmente, muy por encima del búfalo que con el 13.3% se sitúa en el segundo lugar. En este sentido, cabe destacar el papel de la cabra con la producción del 2.3%, la oveja con el 1.3% que ocupan el tercer y cuarto sitio respectivamente y finalmente el camello que representa el 0.4% del total (Figura 4).

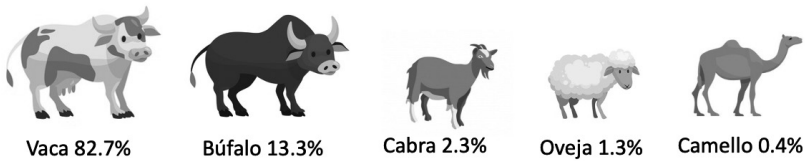


Figura 4. Principales especies productoras de leche a nivel mundial.

Como parte del valor agregado históricamente los productores de ganado lechero se han beneficiado de distintas formas no solamente con la obtención de leche y productos lácteos ya que en diversas culturas las vacas pueden ser utilizadas como garantía de créditos, siendo así una reserva de valor. Además, pueden servir como transporte y gracias al estiércol, valiosos generadores de fertilizantes, materia de construcción y combustible, subproductos comercializables que pueden constituir ingresos extra paralelos a la producción de leche (Lucaioli y Nesis, 2018).

## Panorama Nacional

La industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la producción de alimentos en México, se considera que durante el periodo de 2011 la producción nacional de leche de vaca tuvo una tasa media de crecimiento de 1.3% (Secretaría de Economía, 2012). Durante el 2013, México generó aproximadamente 60,400 mdp correspondientes a la producción de leche. Se estima que a nivel nacional, cada año se producen 11,000 millones de litros (Loera & Banda, 2017). Sin embargo, la producción nacional solo satisface el 80% de la demanda interna, razón por la cual, México se encuentra entre los primeros lugares en importación de leche en polvo (Loera, 2017).

La producción de leche en el país se concentra principalmente en tres regiones: la comarca lagunera (Coahuila y Durango), Jalisco, y Chihuahua que conjuntamente contribuyen con más del 50% de la producción nacional (SIAP, 2019). En general, se pueden identificar cuatro sistemas utilizados en México para la producción láctea: 1. especializado 2. semiespecializado 3. familiar y 4. doble propósito, donde las diferencias entre cada uno residen en las razas de vacuno que se utilizan para la producción, así como la alimentación, la tecnología que posee el lugar y finalmente, el rendimiento.

El sistema especializado contribuye más del 60% de producción y está constituido según el modelo Holstein, es decir, con ganado de raza pura, estabulado y con una alimentación basada en forrajes de corte y concentrados (Del Valle, 1996). Este modelo inició a principios de siglo XX cuando comenzaron a importarse razas especializadas en la producción lechera buscando repoblar y mejorar la producción lechera; el ganado Holstein obtuvo los mejores resultados (Holstein de México, A. C.), sin embargo, no fue sino a partir de 1950 que el sector se consolidó en México debido al fuerte impulso político iniciado unos años antes (Del Valle, 1996). Para el año 2018 ya se contabilizaban 130 grandes empresas formales (además de la gran cantidad de pequeñas empresas familiares) que procesaban el 86% de la leche producida, generando alrededor de 42,000 empleos y llegando a un valor mayor de 380,000 millones de pesos.

A partir de la conformación de la lechería como una industria formal resulta evidente el incremento en la producción lechera nacional a lo largo de los años y se espera que la tendencia continúe debido al incremento poblacional. Sin embargo, es necesario resaltar las dificultades presentes en zonas con alto grado de especialización y competitividad (como La Laguna, Los Altos de Jalisco, Puebla, Zacatecas, etc.) y que históricamente han enfrentado problemas de bajos precios, que repercuten protestas de las organizaciones al Estado para exigir un precio adecuado a su producto y finalmente en el abandono de esta actividad. Algunos autores adjudican dicho fenómeno a la sobreoferta generada por los grandes volúmenes de leche en polvo que son importados de Estados Unidos y la sobreproducción temporal en el país lo que tiene una consecuente disminución en el precio pagado al productor mexicano (Camacho y col., 2017).

## **Panorama local**

El crecimiento del sector puede ejemplificarse en Jalisco, la segunda región mayor productora de leche que, según información de la SADER, Jalisco aporta aproximadamente el 20 % de la producción nacional con 6.2 millones de litros diarios (SADER, 2018). De acuerdo a la institución, de 2012 a 2017 la producción lechera aumentó más de 280,000 litros (Romo, 2018). Durante el 2018 Jalisco produjo 2,433 millones de litros de leche (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía

Alimentaria, 2019), alcanzando un valor de 9,871 millones de pesos (a precio del 2010) (SADER, 2018). El aumento también se ve reflejado en los hatos lecheros, que en el año 2015 contaban con 334 mil 651 cabezas, es decir 5 mil 343 cabezas más en comparación con el 2014 (SIAP, 2016).

Dentro del estado, las principales regiones dedicadas a la producción de leche son Los Altos de Jalisco y la Ciénega de Chapala, teniendo Holstein como raza predominante y con dominancia del sistema semi-intensivo, pero también se presenta el modelo intensivo y el familiar. Cada vaca lechera en Jalisco produce en promedio 16 litros de leche al día (UGRJ, 2018).

El estado dispone de varias plantas procesadoras entre las que se pueden mencionar: Lechera Guadalajara, La Pureza, Parmalat, Nestlé, 19 Hermanos, Lala y Alpura. En dichas plantas se procesa e industrializan más de dos millones de litros de leche al día (Unión Ganadera Regional de Jalisco 2014) y antes de la llegada de Liconsa, ponían la pauta para el control del precio del producto. Cabe señalar que Liconsa representa aproximadamente el 10% de la leche de Jalisco. En este punto es importante señalar que los datos anteriores fueron proporcionados por la Unión Ganadera Regional de Jalisco pues el último censo ganadero oficial se realizó en el año 2014.

En este contexto, la región de los Altos de Jalisco proporciona la mayor parte de servicios e insumos para la producción lechera, como son: mano de obra calificada, plantas forrajeras, centros de acopio, plantas pasteurizadoras, transporte especializado, maquinaria y equipo, sin embargo son las grandes plantas quienes poseen dichos bienes, por lo que, los pequeños productores se ven obligados a depender de terceros, ya que son ellos los que cuentan con las condiciones de maquinaria para transformar el producto (Gobierno del Estado de Jalisco, 2014).

### **Retos.**

Así pues, la leche, más allá de un alimento con un profundo significado cultural y amplio recorrido histórico; tiene una alta relevancia en lo concerniente al uso de los recursos naturales, el sustento familiar y los beneficios a la salud de los consumidores. Indudablemente aún existen retos para asegurar sus beneficios de forma asequible y sostenible en nuestro estado y país, entre ellos podemos enumerar los siguientes:

1. Debido a la variación de mercados, impacto ambiental, entre otros factores, es necesario aplicar censos agropecuarios anuales que permitan tomar decisiones para generar políticas actualizadas de manejo integral. Aunque se tienen registros de asociaciones civiles (datos no oficiales), es necesario contar con censos que tengan aspectos agropecuarios pero también ambientales y sociales sobre la producción de la leche. En este punto, es necesario resaltar que el último censo agropecuario nacional se realizó en 2014 y tenía una visión parcelada.
2. Es prioritario proporcionar, a los pequeños productores, capacitaciones multidisciplinares académicas en conjunto con las universidades, para que adquieran conocimientos y herramientas aplicables en la transformación del producto que les permitan mejores condiciones para ellos y sus familias.
3. En cuanto a la gestión del medio ambiente y el territorio se tiene como tarea pendiente desarrollar estudios huella de carbono y del impacto al suelo y al agua generados por la producción y manejo de la leche, dirigidos a crear estrategias que aseguren que la producción láctea sea sustentable y sostenible.
4. Aunque recientemente se aprobó una propuesta de ley (Si a la leche) que beneficia a los productos lácteos, para evitar que otros productos tengan el nombre de leche cuando no lo son, aún es necesario generar leyes que protejan al pequeño productor y al consumidor del estado de Jalisco respecto al tema de importación de leche en polvo y productos apócrifos. Como ejemplo podemos citar el caso de Wisconsin, EUA quien desde finales del siglo XIX generó una estricta prohibición contra las margarinas que se mantuvo durante 75 años. Recientemente forzó a los supermercados a retirar de sus estanterías todos los productos no lácteos falsamente etiquetados como mantequilla hasta que no cumplieran con el requisito de etiquetado que los identifique como imitación de mantequilla, imitación de margarina o aceite vegetal para untar (Shanker, 2019). Así mismo, en este estado se creó una iniciativa para que, por cada litro que se vende se depositan 10 centavos en un fondo para proporcionar capacitaciones y asesoramiento e investigación coordinadas por las universidades públicas.

5. Debido a que la problemática de la leche es un problema complejo es necesario tener un abordaje multidisciplinario para poder incidir en todo el problema y no de forma parcial. Es por ello que es necesario que estos equipos de capacitación e investigación se conformen de disciplinas básicas como lo son veterinarios, y pecuarios, pero también el aporte innovador de biólogos, antropólogos, biotecnólogos, genetistas, extensionistas expertos en ciencias de los alimentos, marketing, turismo rural, cooperativismo, finanzas, leyes y certificaciones, entre otros, para poder dar soluciones integrales y de largo alcance.

## Trabajos citados

- Camacho, J. H., Cervantes, F., Rangel, M. I., & Cesín, A. y. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Rev Mex Cienc Pecu*, 8 (3), 259-268.
- Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (2002). Prevención de la contaminación en la Industria láctea . España.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria . (2019). *Situación de la Ganadería Lechera en el Sureste de México* . Ciudad de México.
- Loera, J., & Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19 (4).
- Marvin Harris, Vacas, cerdos, guerras y brujas. Los enigmas de la cultura, Alianza Editorial, Madrid, 1985.
- Drewnowski, A. (2010). The cost of US foods as related to their nutritive value. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 1181-1188.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). Recuperado el 09 de 09 de 2020, de El sector lechero mundial: Datos : <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>
- Gobierno del Estado de Jalisco . (2014). *296 Programa Estatal de Apoyo a la Ganadería y al Sector Lechero*. Recuperado el 19 de 09 de 202, de Gobierno del Estado de Jalisco : <https://sepaf.jalisco.gob.mx/sites/sepaf.jalisco.gob.mx/files/u108/pp-09-296.pdf>
- Holstein de México, A. C. (s.f.). *Holstein de México*. Recuperado el 17 de 09 de 2020, de <https://www.holstein.com.mx/nosotros>

- Observatorio de la Cadena Láctea Argentina . (s.f.). Top 10 en producción mundial . *Lechería Mundial- Principales Aspectos* . Argentina .
- Observatorio de la cadena Láctea Argentina. (15 de 02 de 2018). *Evolución de la producción mundial de leche* . Recuperado el 09 de 09 de 2020, de <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/11586575-evolucion-de-la-produccion-mundial-de-leche>
- Organizacion Interprofesional Lactea . (2015). *El Sector Lacteo en España. Datos de producción, industria y consumo (2008-2015)*. Madrid, España.
- Robledo, R. (s.f.). PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO Y SU COMERCIO DE LÁCTEOS CON PAÍSES DEL APEC. México .
- Rodriguez, J. M. (1993). Historia. Elogio y Diatriba de la leche . En J. T. Monserrat, *Medicina Balear* (Vol. 8, pág. 60 ).
- Romo, P. (01 de 08 de 2018). Jalisco aporta 20% de producción nacional lechera. *El Economista* .
- SADER Colima . (30 de 05 de 2018). *Crece la producción de leche en México: SAGARPA*. Recuperado el 17 de 09 de 2020, de Gobierno de México : <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Boletín de Leche. Octubre-Diciembre 2018*.
- Secretaría de Economía . (Marzo de 2012). Análisis del Sector Lácteo en México . México .
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (27 de 05 de 2016). *Población ganadera* . Recuperado el 18 de 09 de 2020, de Gobierno de México : <https://www.gob.mx/siap/poblacion-ganadera/>
- Secretaría de Economía. 2012. Análisis del sector lácteo en México. Dirección General de Industrias Básicas. México, D.F. 29 p. recuperado de: [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)
- Unión Ganadera Regional de Jalisco . (s.f.). *UGRJ - Producción*. Recuperado el 18 de 09 de 2020, de Unión Ganadera Regional de Jalisco : [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=138&Itemid=228](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=138&Itemid=228)
- V. Mariscal-Aguayo, P.-C., Estrella-Quintero, H., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., & Nuéz-Dominguez, R. (2017). ESTRATIFICACIÓN DE PRODUCTORES LECHEROS EN LOS ALTOS DE JALISCO. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* , 14, 547-563.



- Westenhofer, H. J. (2013). Energy Density and Cost of Foods in Germany . *Science and Research* , 60 (3), 30-35.
- UGRJ, (s.f.) Disponible en: [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=553&Itemid=138](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=553&Itemid=138)
- Fernández Fernández, E. y col. (2015). Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutr Hosp.* 31(1):92-101
- SIAP (2019) Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/03/Bolet%C3%ADn-de-Leche-octubre-diciembre-2018.pdf>
- Shanker D. & L. Mulvani (23 junio 2019). Los Angeles Times, Disponible en: <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/la-es-las-grandes-empresas-de-lacteos-quieren-que-sepas-que-la-mantequilla-vegana-no-es-realmente-mantequi-20190621-story.html>
- FAO, 2020. Composición de la leche. Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/#:~:text=La%20leche%20proporciona%20nutrientes%20esenciales,vitamina%20B12%20y%20%C3%A1cido%20pantot%C3%A9nico>
- Felius, Marleen & col. (2014). On the History of Cattle Genetic Resources. *Diversity*. 6. 705-750. 10.3390/d6040705.
- Gade, D.W. (1993). Leche y civilización andina: En torno a la ausencia del ordeño de la llama y alpaca. En: *Conference of Latin Americanist Geographers*. University of Texas Press (19) pp. 3-14. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/25765780>
- Loera, Jesús, & Banda, José. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno Dairy industry in Mexico: parameters of the production of milk and supply of the internal market. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 419-426. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317>
- Del Valle (1996) <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/323/9/RCE9.pdf>

## Creditos

Gráficos y figuras elaborados con imágenes de Freepik.com

Se terminó de imprimir en abril 2021  
en los Talleres Gráficos de  
Prometeo Editores, S.A de. C.V.  
Libertad 1457, Col. Americana,  
C.P. 44160, Guadalajara, Jalisco

La edición consta de 500 ejemplares  
Impreso en México / Printed in Mexico

El poder de la sustentabilidad, es un libro que recopila valiosas experiencias de investigadores latinoamericanos que han fortalecido en diferentes espacios la sustentabilidad ambiental, social, económica y cultural.

Se presentan experiencias y reflexiones en el sistema productivo agropecuario, institucional, educativo y de salud, tecnologías limpias sin dejar de lado la relación con el cambio climático.

Cada capítulo es una muestra de los retos y oportunidades en el área de la sustentabilidad con una identidad y visión latinoamericana, la integración de esta perspectiva tiene que ver con el desarrollo sustentable desde el paradigma del contexto sociocultural, situado en realidades de un desarrollo que va más allá de una necesidad de: normatividad, políticas limpias, programas sustentables en el sistema agropecuario, industrial, manejo de residuos y aprovechamiento de recursos sustentables, entre otros.

En este documento se resumen largas historia de lucha y acciones que realizan académicos dentro y fuera de las instituciones latinoamericanas para el desarrollo de proyectos exitosos sustentables con la meta de generar estrategias y oportunidades que favorezcan el bienestar ambiental, económico y sociocultural de los países Latinoamericanos.

El desafío de la sustentabilidad latinoamericana es tener ejemplos locales con impacto global.

ISBN: 978-607-571-144-7

