



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

**EL MAÍZ TRANSGÉNICO EN EL METABOLISMO SOCIAL
RURAL Y SU IMPACTO EN LAS FRONTERAS ECOLÓGICAS**

TESIS

**Que para obtener el título de
LICENCIADA EN RELACIONES INTERNACIONALES**

P R E S E N T A

Mariana Saraí Ayala Calva

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Ana Cristina Castillo Petersen

“Por mi raza hablará el espíritu”

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2018





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A aquellas almas compañeras cuyos recuerdos perdurarán en mi memoria...mis abuelitos.

A mi abue Zena, mujer de carácter fuerte pero muy generoso.

A mis papás que son mis guías de los jubilosos y azarosos senderos de la vida. Su serenidad, paciencia, sacrificio y fortaleza son admirables.

A Ximena, Darío y Emiliano que me han hecho recordar que la inocencia, el ingenio y la perspicacia son virtudes que ningún adulto debería perder.

A mis hermanos y amigos...

Especial agradecimiento amerita Ana Cristina Castillo Petersen por su apoyo durante todo este proceso.

Gracias también a los comentarios y observaciones por parte de los profesores Andrés Ávila, Ruth Zavala, Sandra Kanety Zavaleta y Lev Jardón.

Índice general

Índice de figuras

Introducción.....	i
1. La crisis ambiental: una arista de la crisis de civilización	1
1.1. Metabolismo social.....	8
1.2. Fronteras ecológicas.....	14
2. ¿Por qué existen los transgénicos?	21
2.1. El desarrollo tecnológico en la agricultura.....	26
2.1.1. Impactos positivos de la Revolución Verde.	30
2.1.2. Impactos negativos de la Revolución Verde	35
2.2. El hambre en el mundo	41
3. El maíz transgénico en México: conflictos ambientales	50
3.1. Maíz transgénico en México	57
3.1.1. Conflictos ecológicos en Sinaloa	61
3.1.2. Conflictos ecológicos en Oaxaca	67
3.2. Los cambios en el metabolismo social frente al maíz transgénico.....	81
3.3. Impactos del maíz transgénico en las fronteras planetarias	90
3.4. Alternativas al maíz transgénico	106
3.4.1. Agroecología.....	107
3.4.2. Comercio justo/solidario.....	113
3.4.3. CRISPR	116
Reflexiones finales	118
Referencias	127

Índice de figuras

Cuadros

<i>Cuadro 1. Metabolismo social</i>	11
<i>Cuadro 2. Fronteras planetarias. Un espacio seguro de operación para la humanidad</i>	19
<i>Cuadro 3. Evolución de la distribución del hambre en el mundo: número y proporción de personas subalimentadas por región, 1990-92 y 2014-16</i>	42

Gráficas

<i>Gráfica 1. Cultivos transgénicos a nivel mundial. Millones de hectáreas (1996-2016)</i>	33
<i>Gráfica 2. Principales cultivos en el mundo. Cultivos transgénicos y convencionales</i>	34
<i>Gráfica 3. Distribución de consumo del maíz</i>	52

Mapas

<i>Mapa 1. Potencial de producción de maíz</i>	61
<i>Mapa 2. Pueblos indígenas de Sinaloa</i>	62
<i>Mapa 3. Pueblos indígenas de Oaxaca</i>	68
<i>Mapa 4. Principales razas de maíz en Oaxaca</i>	70
<i>Mapa 5. AHPPN mundial (1995)</i>	84

Tablas

<i>Tabla 1. Fronteras planetarias</i>	15
<i>Tabla 2. Producción mundial del maíz (millones de toneladas)</i>	51
<i>Tabla 3. Balance comercial de México respecto al maíz</i>	53
<i>Tabla 4. Razas de maíz encontradas en México</i>	54
<i>Tabla 5. La agricultura en las fronteras planetarias</i>	91
<i>Tabla 6. Estimación de ventas de productos a través de Fairtrade en 2016</i>	115

De maíz amarillo y de maíz blanco se hizo su carne; de masa de maíz se hicieron los brazos y las piernas del hombre. Únicamente masa de maíz entró en la carne de nuestros padres, los cuatro hombres que fueron creados.

Anónimo, Popol Vuh

Introducción

La dinámica en la que se encuentra inmersa la sociedad ha conllevado cambios en nuestro entorno. La relación ser humano-naturaleza posee una profunda ruptura. La crisis ambiental que experimentamos es consecuencia de una crisis de civilización, esto es, una crisis del pensamiento humano y su vínculo o su función en el sistema natural que nos lleva a cuestionar a la ciencia y a la ética de la misma.

En la actualidad, los avances técnico-científicos han rebasado nuestras necesidades y, con el objetivo de mantenerlos dentro de la dinámica capitalista, se ha conseguido ejercer un control en el cómo se incorporan dichos avances en la sociedad en general, por lo que se han convertido en elementos de riesgo e incertidumbre. Tal es el caso de la biotecnología, de los organismos genéticamente modificados y, en especial, del maíz transgénico, nuestro objeto de estudio. A lo largo de este trabajo se podrá entender el impacto del maíz genéticamente modificado y el cómo se puede prescindir del mismo ante el reconocimiento del problema y razón de su desarrollo: el hambre.

Serán el metabolismo social rural y las fronteras ecológicas las que servirán de base para demostrar que el maíz transgénico no responde a las necesidades del ser humano, en cambio, genera afectaciones ambientales con tal de satisfacer las necesidades del mercado, mismas que responden a la crisis ambiental y a la crisis civilizatoria.

El mundo es un sistema semiabierto en el que existe un flujo de materia y energía, de tal modo que el ser humano es capaz de hacer uso de la naturaleza para su supervivencia, esto es, le es posible extraer materia, transformarla, utilizarla y terminada su funcionalidad, desecharla. A este procesamiento se le conoce como metabolismo social y su dinámica es propia de cada sociedad, pues está determinada por el estilo de vida.

A nivel mundial el modo de producción capitalista ha derivado en un metabolismo social global acelerado y, por ende, fracturado, desencadenando en una crisis ambiental internacional. Los procesos de extracción y de transformación son acelerados exigiendo en demasía a la naturaleza, mientras que la funcionalidad de los recursos es efímera y el desecho de los mismos es de tal magnitud que el planeta no encuentra tregua para reintegrarlos de nuevo a la tierra.

Esta crisis ambiental ha obligado a sentar bases científicas para evitar un estrés ambiental todavía mayor. Científicos del *Stockholm Resilience Center* han establecido las fronteras planetarias o fronteras ecológicas, que se definen como un espacio de operación segura para la humanidad con base en procesos biogeoquímicos intrínsecos que regulan la estabilidad del Sistema de la Tierra.¹ Así pues, se han determinado las siguientes fronteras: los niveles de dióxido de carbono (CO₂), la pérdida de la biodiversidad, el agotamiento de la capa de ozono, la acidificación de los océanos, los flujos biogeoquímicos del nitrógeno (N) y fósforo (P), el consumo de agua dulce, la erosión de los suelos, los aerosoles atmosféricos y la liberación de nuevas entidades. Al traspasar dichos límites, por lo menos la vida humana se encontraría en una zona de incertidumbre al desconocer los efectos de dichas alteraciones y probablemente en una situación irreversible. De las fronteras ecológicas presentadas, siete tienen relación directa con la agricultura (CO₂, la pérdida de la biodiversidad, la acidificación de los océanos, los ciclos del N y P, el consumo de agua dulce y la erosión de los suelos).² Lo anterior, eleva la preocupación de la crisis de hambre que hay alrededor del mundo, en donde casi mil millones de personas no tienen qué comer y esta desnutrición se traduce en problemas de salud severos y muertes.

¹ Will Steffen, Katherine Richardson, Johan Rockström, *et al.*, "Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Science*, vol. 347, Issue 6223, "Research Articles", American Association for the Advancement of Science (AAAS), 13 de febrero de 2015, pp. 719-736.

² Ana María Primavesi, Andrés E. Carrasco, Elena Álvarez-Buylla, *et al.*, "¿Por qué los cultivos transgénicos son una amenaza a los campesinos, la soberanía alimentaria, la salud y la biodiversidad en el planeta?", [en línea], *alainet.org*, 7 de agosto de 2014, Dirección URL: www.alainet.org/es/active/76040, [consulta: 1 de abril de 2016].

De esta forma, los organismos genéticamente modificados (OGM), se han convertido en el mecanismo (o por lo menos así lo han presentado científicos, empresas y gobiernos) para coadyuvar a la disminución de los casos de hambre y sus efectos a nivel mundial. En este sentido, la biotecnología ha logrado abrirse camino para apropiarse de la naturaleza y, como se verá a lo largo de esta investigación, reconstruirla.

El trasplante de genes provenientes de plantas, animales y/o bacterias hacia otras plantas para que estas puedan crecer con atributos mejorados o con nuevas características sin lograr un conocimiento amplio de los alcances de sus posibles efectos, es lo que ha generado un amplio debate a nivel internacional. Sin embargo, estas plantas se producen y se consumen argumentando que representan la oportunidad de solucionar el hambre y mejorar la salud humana.

Así, el maíz es uno de los alimentos que se ha buscado mejorar a partir de la trasplantación de genes. De acuerdo con datos de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, la producción de maíz (natural y transgénico) a nivel mundial en el año 2014/2015 fue de 988.1 millones de toneladas (t) aproximadamente, siendo Estados Unidos el principal productor generando 361,091,000 t, le siguieron China con 215,646,000 t, Brasil con 85,000,000 t, la Unión Europea con 75,499,000 t, Argentina con 28,700,000 t, Ucrania con 28,450,000 t, y México con 25,480,000 t.³ Del mismo modo, a nivel internacional la producción de maíz incrementó 2 millones de t a pesar de una reducción del área cultivable de maíz de 3 millones de hectáreas (has.), teniendo un área total de 175 millones de has. para ese mismo año, lo que demuestra un mejor rendimiento en los cultivos de maíz.⁴

³ ProducciónMundialMaiz.com, *Producción mundial del maíz*, [en línea], Dirección URL: <http://www.produccionmundialmaiz.com/previous-year.asp>, [consulta: 16 de abril de 2016].

⁴ María José Maluenda García, *Máximos históricos en producción, consumo y stocks en maíz. Campaña 2014/2015*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrodigital.com/Documentos/maizmy15.pdf>, [consulta: 17 de abril de 2016].

Asimismo, en lo que respecta al consumo de maíz en el año 2014/2015, se estima que 586.1 millones de t se destinaron al pienso (alimento para el ganado), 264 millones de t a la industria y 104,8 millones de t para el consumo humano, considerando que los mayores consumidores fueron Estados Unidos, China y la Unión Europea.⁵

Ahora bien, aunque el principal consumidor de maíz sea Estados Unidos, el maíz representa también, junto con el sorgo y el arroz, uno de los cultivos más consumidos especialmente en los países en desarrollo⁶ y el más importante para México no sólo por su valor nutricional o por la riqueza de variedades que hay en el país, sino también por lo que representa culturalmente. Ambos aspectos están intrínsecamente relacionados, constituyen y reproducen una forma de vida y una identidad para el mexicano.

El maíz transgénico ha sido elaborado con la finalidad de utilizarse para el consumo humano, pero también para el consumo animal y para la producción de combustible como el etanol, por lo que hay un gran interés para que el maíz que se produzca satisfaga dichas necesidades. Actualmente, el maíz transgénico se siembra en 28 países y México se encuentra ante el inminente riesgo de la pérdida de biodiversidad en el maíz ante posibles regulaciones que permitan la siembra comercial de maíz genéticamente modificado de modo que, los transgénicos ocuparían un gran espacio en los cultivos del maíz híbrido, cumpliendo con el objetivo de incrementar la producción.

De acuerdo con lo anterior, el maíz transgénico se erige en el discurso dominante como una herramienta para erradicar problemas de hambre en los países en desarrollo y de paso, para la producción de biocombustibles y alimento para ganado.

⁵ *Idem.*

⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *El maíz en la nutrición humana*, [en línea], Roma, Italia, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S0c.htm#Capitulo%208%20Mejora%20de%20las%20dietas%20a%20base%20de%20ma%20EDz>, [consulta: 22 de marzo de 2016].

Sin embargo, derivado de los efectos que todavía no son posibles de conocer y predecir del todo, se corre un gran riesgo en materia de salud y ambiental. Los transgénicos más allá de presentarse como una solución contribuyen a un aceleramiento que desemboca en una fractura del metabolismo social rural, generando a su vez un impacto y acercamiento cada vez más próximo a las fronteras ecológicas, agravando la crisis ambiental en los países en desarrollo y en especial en México.

Además, es relevante no olvidar que el desarrollo de esta tecnología deviene de un monopolio biotecnológico que busca explotar aún más la tierra para rehacerla y obtener recursos que, de acuerdo con estas empresas, tiendan a mejorar la calidad de vida, por lo que la aparente solución a los problemas del hambre y de la escasez de alimentos se encuentra en los transgénicos y no en el equilibrio de un metabolismo social, ni mucho menos en una herramienta de ayuda para no traspasar las fronteras ecológicas.

Los alimentos transgénicos, bajo el entendido del metabolismo social, sirven para comprender la relación entre el ser humano y la naturaleza, lo que abre camino a las Ciencias Sociales y más específicamente a las Relaciones Internacionales, para converger no sólo entre las propias Ciencias Sociales, sino también buscar una interdisciplinariedad con otras Ciencias Exactas con el objetivo de tener una mayor comprensión de dicha relación sofocante con la naturaleza y encontrar respuestas a las crisis de hambre y ambiental bajo visiones diferentes con soluciones integrales. En tal sentido, es importante reflexionar sobre la racionalidad de la ciencia que, en mucho, está supeditada al aspecto económico.

Del mismo modo, el tema para México resulta ser de vital importancia, porque es un país en desarrollo y una zona de origen y diversificación del maíz. El maíz transgénico plantea el fortalecimiento de la producción de alimentos para sus diversos usos de consumo nacional, el incremento de las exportaciones y la disminución de los problemas propios de la pobreza como el hambre y sus

implicaciones en la salud. Hablar de maíz genéticamente modificado, es hablar de una intromisión en la biodiversidad y cultura mexicana no sólo porque es el alimento base, sino por lo que es el maíz para el mexicano, pues tiene un valor cultural, sentimental e ideológico. Por ello, conviene someterlo como un caso de estudio para comprender que el maíz transgénico en México no sólo presenta efectos en el medio ambiente o en la economía, sino que también presenta resultados en la cultura, en el modo de vida y en lo propio del mexicano.

Por consiguiente, la importancia del maíz transgénico, la comprensión del metabolismo social, el reconocimiento de las fronteras ecológicas relacionadas a la crisis ambiental y civilizatoria que atraviesa nuestro planeta, se vuelven elementos de interés para cada individuo. No se puede vivir ajeno a lo que pase con el medio ambiente, con la dinámica del metabolismo social, con lo que se siembra y con lo que se consume. El maíz transgénico va más allá de lo que hasta ahora se ha podido comprender.

¿Qué fronteras ecológicas pueden resultar más afectadas derivado del cultivo del maíz transgénico? ¿En qué medida se acelera y fractura el metabolismo social rural con el cultivo del maíz transgénico? ¿Existe relación entre el incremento de la producción de maíz transgénico y la disminución del hambre? ¿Es necesario el maíz transgénico partiendo de la necesidad humana y no de la necesidad del mercado? Estas son las interrogantes que plantea esta investigación para determinar el papel del maíz genéticamente modificado en el medio ambiente, en la ciencia y en nuestro país.

Ante la problemática anterior, se presenta la siguiente hipótesis: el maíz transgénico se ha impuesto como una posible solución al problema del hambre y sus implicaciones en la salud a nivel mundial, sin embargo, es un catalizador del metabolismo social rural que culmina por fracturarlo. Del mismo modo, expone al sistema, todavía más, a las fronteras ecológicas y contribuye a un agravamiento de

la crisis ambiental internacional derivado de una nueva forma de apropiación y explotación de la naturaleza.

Los objetivos de esta tesis son: a) entender la utilidad del maíz transgénico para la erradicación del hambre, b) examinar los conflictos socio-ambientales del maíz transgénico en México como caso de estudio, c) comprender la dinámica del metabolismo social rural a partir del cultivo de maíz transgénico, b) conocer los efectos del maíz transgénico en las fronteras ecológicas y finalmente; c) identificar las alternativas de producción ante el maíz genéticamente modificado.

El primer capítulo *La crisis ambiental: una arista de la crisis de civilización* demuestra que los impactos negativos en el medio ambiente son un efecto más de una crisis de civilización, en donde el ser humano ha perdido su rol y relación con el medio ambiente y objetivado a la naturaleza para un fin: la satisfacción de un modo de producción capitalista y con ello la acumulación de capital. En el mismo capítulo, se habla específicamente sobre el metabolismo social y las fronteras ecológicas. El primer término es para entender que el ser humano está inmerso en un sistema natural y en donde los subsistemas son socio-económicos, por lo que no puede haber una disociación hombre-naturaleza. Además, deja claro que cada elemento en el sistema cumple una función y a mayor dinamismo en los flujos de energía y materia, menor la capacidad del ser humano para adaptarse a los cambios en el planeta. Concerniente a las fronteras ecológicas, estas demuestran los límites para poder garantizar que la actividad humana no genere mayores cambios en el planeta y, por ende, mayores riesgos al ser humano.

En el segundo capítulo *¿Por qué existen los transgénicos?*, se dará cuenta del desarrollo de la tecnología en la agricultura, de los impactos positivos y negativos de la revolución verde, así como su necesidad o no para resarcir el problema del hambre y sus implicaciones en la salud, explicando también, la disponibilidad de los alimentos en el mundo y los intereses de las principales empresas biotecnológicas.

El tercer capítulo *El maíz transgénico en México: conflictos ambientales* se enfoca en la importancia que tiene el maíz para el país y se concentrará en los estados de Sinaloa (mayor productor de maíz) y Oaxaca (donde se halla la mayor diversidad de maíces) como estudios de caso para entender cómo la lucha por la preservación de los maíces nativos incrementa a través de conflictos ecológicos y antepone lo cultural y ambiental frente a lo económico. Además, en este capítulo, se entrará más a detalle en las consecuencias de la introducción del maíz transgénico en el metabolismo social rural y en las fronteras ecológicas.

En el cuarto capítulo *Alternativas al maíz transgénico*, y conforme al estudio de los aspectos anteriores, se presentan tres opciones distintas al maíz transgénico: la agroecología, el comercio justo/solidario y una nueva tecnología denominada CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, en español “Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas”), las primeras dos alternativas demuestran no sólo ser eficientes en la erradicación del hambre, sino que también abren espacios a más actores que participan en los procesos de producción e integran nuevas formas de pensamiento en torno al medio ambiente y la sociedad. La última alternativa va de la mano con los transgénicos, es importante presentarla como una alternativa para demostrar que la ciencia bajo una racionalidad económica, no dejará de innovar con el fin de movilizar y acelerar al mercado.

De esta forma, a lo largo de la investigación, se cuestionará la verdadera necesidad del maíz transgénico y de sus efectos, incertidumbres y riesgos en materia ambiental que generan un eco en la ciencia y su racionalidad, así como en la sociedad en general.

1. La crisis ambiental: una arista de la crisis de civilización

Los hombres aman los razonamientos abstractos y las sistematizaciones bien elaboradas, al punto de que no les molesta deformar la verdad: cierran los ojos y los oídos a todas las pruebas que los contradicen con tal de sustentar sus construcciones lógicas.

Fiódor Dostoievski

Por largo tiempo las sociedades no se percataron en la cantidad, disponibilidad y límites de los recursos que poseían, pero sí pensaban en los beneficios que se obtenían al convertir a la naturaleza en recurso. Incluso en la actualidad, se cuestiona el hecho de que exista una consciencia real que lleve a una acción efectiva (sobre todo a nivel gubernamental) que demuestre compromiso del ser humano para con la naturaleza.

El cambio climático ha dejado muestra de la vulnerabilidad del ser humano como una especie más en el mundo. Si bien la oscilación (incremento o disminución) en la temperatura media global es un proceso natural de la Tierra, no se puede deslindar al individuo como uno de los factores primordiales que ha acelerado dicho proceso, ocasionando así, un cambio en los patrones del clima y disminuyendo las posibilidades de mitigación y adaptación. La actividad humana es, en gran medida, causa y consecuencia de lo que ocurre ambientalmente.

La Tierra ha sufrido en toda su historia procesos de calentamiento y enfriamiento, sin embargo, las sociedades son quienes han dinamizado el proceso de calentamiento actual a partir de la era industrial. Con certeza se puede decir que la Tierra en un momento dado va a encontrar su curso nuevamente y tendrá estabilidad, pero no lo es así para el ser humano, la dinámica y los efectos del cambio climático han sido tales, que es muy vulnerable y no ha podido enfrentar los riesgos como debiera. Prueba de ello son las crisis económicas que son cada vez más comunes y más profundas, lo que a su vez genera una inestabilidad política

que, aunado a los daños ambientales, exponen todavía más la vulnerabilidad principalmente de sociedades en desarrollo.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), las emisiones de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) han aumentado un 40% desde la era preindustrial, como resultado del uso de combustibles fósiles y del cambio en el uso de suelo. El aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero genera un calentamiento global en el momento en que más energía solar, queda atrapada en la atmósfera. Se calcula que entre 1880 y 2012 hubo un incremento en la temperatura global de 0.85°C.⁷

Por otra parte, se calcula que actualmente se pierden 5.6 millones de has. de la cubierta forestal anualmente, lo cual representa poco más que la extensión territorial de Costa Rica,⁸ esto es a pesar de que ha habido una disminución en la deforestación en el mundo gracias a políticas nacionales que se han adoptado. Pese a ello, se prevé que para el 2030, sean destruidas 170 millones de has. de bosque.⁹

En ese sentido, vale la pena mencionar que 400 millones de miembros de comunidades indígenas alrededor del mundo, consideran a la naturaleza como el principal pilar de su identidad cultural y espiritual,¹⁰ tan sólo en México el 80% de los bosques son propiedad de pueblos indígenas.¹¹

Asimismo, el deshielo en el Ártico avanza estrepitosamente, habiendo reducido su masa glaciaria un 40% entre 1979 y 2014. En el caso de la Antártida, los glaciares Tottem y Smith pierden aproximadamente 2 km cada año y hasta el momento han

⁷ IPCC, *Cambio Climático 2013. Bases científicas*, PNUMA, OMM, 2013, pp. 3, 9.

⁸ Banco Mundial, *Bosques panorama general*, [en línea], Dirección URL: <https://www.bancomundial.org/es/topic/forests/overview>, abril 2016, [consulta: 10 de septiembre de 2016].

⁹ WWF, *WWF living forests report: Chapter 5. Saving forests at risk*, Switzerland, 2015, p. 1.

¹⁰ Secretaría del Convenio sobre de Diversidad Biológica, *Perspectiva sobre la Diversidad Biológica 3*, Montreal, 2010, p. 40.

¹¹ Banco Mundial, *op. cit.*

perdido un total de 35 km.¹² Estos daños son irreversibles, provocando no sólo un aumento en el nivel del mar, sino también pérdidas en especies de aquellas regiones.

En lo que concierne a los océanos, el escenario no es menos desolador, ya que estos han absorbido alrededor de un 30% de CO₂ lo que ocasiona una acidificación en la masa marina y sus respectivos efectos negativos en la biodiversidad de los océanos y mares, ello sin considerar que entre 1901 y 2010 el nivel del mar aumentó 0,19 m.¹³

Lo anterior, representa sólo una cara de la crisis. Esto es solamente una crisis ambiental que se enmarca en una crisis civilizatoria. Las causas, efectos y estragos vienen de una sociedad que ha roto su relación y perdido su función con la naturaleza. El constante cambio social parece hacer que el pensamiento humano retroceda en vez de que avance. El sistema en el que estamos obstaculiza otras racionalidades y, sin embargo, permite que una racionalidad en donde la acumulación de capital es el objetivo, se fortalezca.

Los datos anteriores nos sirven para darnos apenas una pequeña idea de los daños que estamos causando al medio ambiente, ello no contempla las consecuencias sociales, económicas ni políticas que devienen de ello. Desde los años sesenta del siglo pasado, se negociaron y desarrollaron diversos tratados internacionales para combatir el cambio climático y se ha buscado la instauración de un desarrollo sustentable que permita dar a la sociedad internacional una equidad intergeneracional. Sin embargo, dichos esfuerzos han sido inútiles y dejan claro que las intenciones no son suficientes para hacer frente a la crisis que se vive en la actualidad y que, de no mejorar, las futuras generaciones sufrirán todavía más los estragos de lo que las clases dominantes hacen, no hacen o han dejado de hacer.

¹² ACCIONA, *El deshielo en los Polos, en cifras*, [en línea], Dirección URL: <https://www.sostenibilidad.com/deshielo-polos>, [consulta: 1 de septiembre de 2016].

¹³ IPCC, *op. cit.*, p. 9.

Los acuerdos celebrados a partir de Naciones Unidas tales como el Acuerdo de Paris y la Agenda 2030, entre otros, pretenden la cooperación a nivel macro para evitar un desastre natural mayor, empero, cada país trabaja a su manera y de acuerdo con lo que le conviene, cuando es necesario recordar que existe una responsabilidad diferenciada con el planeta. Esto es, no es la misma responsabilidad frente al aceleramiento del cambio climático por parte de Estados Unidos que Kenia. El primer país, tiene una responsabilidad histórica que viene dada por el periodo largo de su industrialización que le permitió erigirse como una de las economías más importantes en el mundo actual, por lo que es necesario resarcir el daño ambiental que viene arrastrando desde hace años y el que ocasiona actualmente. En el caso de Kenia, es un país más pequeño, con una población y economías menores a las de Estados Unidos, por lo que su responsabilidad frente al cambio climático es menor. Por ello, es necesario que exista un mayor compromiso y ejes de acción por el lado de Estados Unidos que por Kenia.

Por otra parte, la instauración de un desarrollo sustentable ha sido bien aceptado no tanto por una preocupación por el medio ambiente, sino más bien porque es una manera de continuar legitimando el actual modo de producción. Desarrollo Sustentable es un concepto ambiguo, por ende, atractivo.¹⁴ Consiste en sostener y/o mantener el medio ambiente, así como también a la economía y al desarrollo social, al final, la pregunta sería si es posible sostener las tres esferas y de no ser así, para quién o hacia dónde se inclinaría la balanza. Por ello, es importante hacer énfasis en la estructura del sistema y en lo que basa su poder, pues sólo de esa manera se puede saber hacia dónde se inclina la balanza.

Por los datos antes mencionados, se puede percibir que desde que se concibió la idea de desarrollo sustentable, los resultados en medio ambiente no han sido los

¹⁴ James O'Connor, "¿Es posible el capitalismo sostenible?", [en línea], México, *Papeles de Población*, núm. 24, abril-junio, 2000, Dirección URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11202402>, [consulta: 7 de marzo de 2016].

esperados, al contrario, son alarmantes y han demostrado el fracaso de múltiples intentos de cooperación internacional.

En el aspecto social y de acuerdo con el informe del Banco Mundial denominado *Global Monitoring Report 2015/2016*, se estimó que en 2015 había alrededor de 700 millones de personas que vivían con menos de 1.90 dólares al día, lo que los situaba en un estado de pobreza extrema, siendo las regiones del África Subsahariana y el Sudeste Asiático las más afectadas concentrando el 95% de la pobreza mundial.¹⁵

Contrario a ello, conviene mencionar que en 2015 las 62 personas más ricas del mundo ostentaban la misma riqueza de 3,600 millones de personas, esto es, la mitad más pobre de la población mundial. Dicha riqueza aumentó un 45% de 2010 a 2015, hasta alcanzar 1,76 billones de dólares.¹⁶

Resultado de lo anterior, cuestiones como el acceso a la educación, la cultura, el deporte, la salud, la alimentación y el vestido, se han privatizado y poco a poco encarecido más, mientras que el poder adquisitivo de las personas ha disminuido (o al menos no ha incrementado lo suficiente), por lo que resulta complicado que gran parte de la población tenga acceso a servicios básicos y no pueda satisfacer sus necesidades más esenciales.

En ese sentido, en la práctica la balanza termina inclinándose hacia algún lado y es hacia la acumulación de capital, porque quienes tienen poder económico poseen poder político y se convierten en tomadores de decisiones cuyos impactos son globales, esto es, afecta al 99% de la población mundial y, por ende, a la naturaleza en su conjunto. De esta manera, los beneficios son sólo para unos pocos, o dicho de otra manera para el 1% de la población mundial.¹⁷

¹⁵ World Bank Group, *Global Monitoring Report 2015/2016: Development Goals in a Era of Demographic Change*, Washington, DC, World Bank, 2016, p. 54.

¹⁶ Oxfam, *Una economía al servicio del 1%*, Reino Unido, Oxfam GB, 2016, p. 2.

¹⁷ *Idem*.

El desarrollo sustentable es un recurso discursivo por parte de las élites de poder en su afán de continuar legitimando el sistema económico que impera, por ende, el desarrollo sustentable busca medidas ambientales y sociales que favorezcan la sustentabilidad de la economía.¹⁸

Todo esto es consecuencia de algo que todavía muy pocos se plantean o quieren entender y es la inmersión del ser humano en una crisis civilizatoria. Esto es, nuestro modo de producción actual ha marcado una disrupción en la relación entre el ser humano y la naturaleza, de tal manera que el hombre se ha enajenado de ella y se ha convertido en un ente dominador, que explota, objetiviza, usa y desecha para obtener un beneficio económico. Es precisamente ese beneficio económico lo que ha atraído al ser humano y lo ha convertido en parte de ello.

La crisis civilizatoria expresa una racionalidad del ser humano de negarse al hecho de que forma parte de la naturaleza. Las clases dominantes han creado otros valores que los ha absorbido por completo y que le permiten ver su posición en el mundo bajo una idea de superioridad. Esto se convierte en una crisis civilizatoria pues se rompe un vínculo, se distorsiona la visión del lugar del ser humano en el mundo y de la importancia de la naturaleza en la vida del mismo. Dicha crisis civilizatoria, se refleja en una crisis ambiental, siendo esta, apenas una arista del problema:

La degradación ecológica es la marca de una crisis de civilización, de una modernidad fundada en la racionalidad económica y científica como los valores supremos del proyecto civilizatorio de la humanidad, que ha negado a la naturaleza como fuente de riqueza, soporte de significaciones sociales y raíz de la coevolución ecológico-cultural.¹⁹

¹⁸ Vid, Raúl Pérez Verdi, "Ambientalismo y desarrollo sustentable: tramas del sistema capitalista", *LiminaR*, vol. 9, núm. 2, México, diciembre 2011, pp. 181-199.

¹⁹ Enrique Leff, *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, México, Siglo XXI, 2004, p. 181.

Existe una visión reducida del hombre expresada en términos de acumulación de capital que no permite comprender la situación a la que hemos llegado en la actualidad de una manera más completa.

Hemos llegado a un sistema que se ha impuesto desde arriba hacia abajo con el objetivo de generar beneficios económicos y que no por mucho tiempo será sostenible, por lo menos ambientalmente. Nuestro sistema nos lleva a la segunda contradicción del capitalismo: no se puede crecer al infinito en un mundo finito.²⁰ Esta premisa se cumplirá si persiste el ritmo de consumo, la producción acelerada que exige una sobreexplotación de recursos y la acumulación de capital tan dispar.

Los daños ambientales continúan, se acumulan y se agravan, las decisiones en la política de alto nivel no son suficientes y tampoco lo son las acciones que se implementan por parte de la sociedad civil, pues estas llegan a llevarse a cabo en pequeñas atmósferas y en muchas ocasiones son frenadas por los mismos gobiernos cuyas decisiones responden a intereses del 1% más rico del mundo.

Estamos pues, no sólo ante una crisis ambiental, sino ante una crisis civilizatoria.²¹ Por ello, el camino para el futuro no está en modificaciones superfluas en el sistema económico. No lo está tampoco en los objetivos para el desarrollo sostenible. Empero, pudiese estar en la negociación internacional y en acuerdos si y sólo si se reconoce que estamos en una etapa de crisis civilizatoria y entonces, se diera un reconocimiento a la otredad, esto es, aceptar que existe una pluralidad en la forma en cómo se concibe al mundo y aprender de esas concepciones. Lo anterior, podría considerarse una utopía, pero que serviría para avanzar en la reconstrucción de la relación humano-naturaleza. Con esto, se podría dar paso para buscar un conocimiento bajo una racionalidad ambiental que genere soluciones realmente

²⁰ Vid, Karl Marx, *El capital. Crítica de la economía política*, Tomo I (libro primero), vol. 2, México, Siglo XXI, 2009, p. 613.

²¹ Enrique Leff, *op. cit.*, p. 181.

integrales para las sociedades actuales y futuras y que involucren las diversas esferas de la vida.

El capitalismo, nos ha enseñado a percibir a la naturaleza como una externalidad, por lo que es necesario internalizar en nuestra concepción del mundo a la naturaleza. Internalizarla, no quiere decir que tenga que haber grandes sacrificios en materia económica, no tendría porqué preocupar tanto el mercado internacional, éste nunca ha sido estable, no ha podido repartir riqueza, de hecho, ha empobrecido a más personas y ha agudizado la pobreza en los sectores sociales que ya eran pobres.

Es necesario que exista un cambio político y social de abajo hacia arriba, pero también es necesario que se busque un movimiento de arriba hacia abajo, porque las acciones por parte de la sociedad civil no siempre resultan ser suficientes o eficientes, porque los tomadores de decisiones tienen en su poder la tarea de forjar un cambio a través de las políticas públicas, porque el cambio climático nos está rebasando considerablemente y porque el sistema ya es insostenible.

A continuación, se presenta el metabolismo social y las fronteras ecológicas. El primero ayuda a comprender el proceso del cómo el ser humano se apropia de la naturaleza, la transforma y la desecha. Por su parte, las fronteras ecológicas ofrecen un esquema conciso para visualizar de manera más amplia el daño ambiental que deriva de un metabolismo social fracturado bajo la racionalidad económica en la que se vive.

1.1. Metabolismo social

Entre los diversos autores que desarrollan el tema del metabolismo social se encuentra Víctor M. Toledo, investigador en etnoecología por parte del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quien menciona que el ser humano establece

relaciones y se agrupa en sociedades que forman subsistemas socio-económicos y a la vez, estos se encuentran inmersos en un sistema semiabierto en donde existen flujos de materiales y de energía. Ahora bien, es importante señalar que la relación entre el hombre y la naturaleza a partir de la industrialización se fue dando bajo la premisa de generar utilidades.

Existen flujos de energía que entran a la Tierra en forma de radiación, esta se absorbe y se aprovecha gracias a los procesos biogeoquímicos dados por las plantas y los animales. El ser humano obtiene esta energía a través del consumo animal. También, la obtención de la energía viene de la que ya hay en el planeta, esto es, la biomasa, el gas, el carbón, el petróleo, etc. Cuando la energía es utilizada, habrá un remanente que saldrá de forma disipada y que no se podrá volver a utilizar.

Por su parte, los flujos de materia, ocurren en la Tierra. Resulta inusual que entre materia al planeta, como es el caso de los meteoritos, por lo que siempre la materia que hay en la Tierra es la que se obtiene. Hay una apropiación de la materia y se le transforma, es en ese momento cuando la naturaleza se convierte en un recurso pues hay una intervención del hombre; ya objetivada la materia, se circula, genera un beneficio económico y se consume. Terminado su uso, la materia no sale del planeta, se queda en el mismo para que sea reabsorbida. Este último proceso es uno de los más complicados puesto que la descomposición de la basura puede tardar cientos e incluso miles de años. En ese sentido, nuestro planeta resulta ser nuestra gran fuente de recursos, pero al mismo tiempo se convierte en nuestro principal depósito de desechos, ocasionando un severo estrés ambiental.

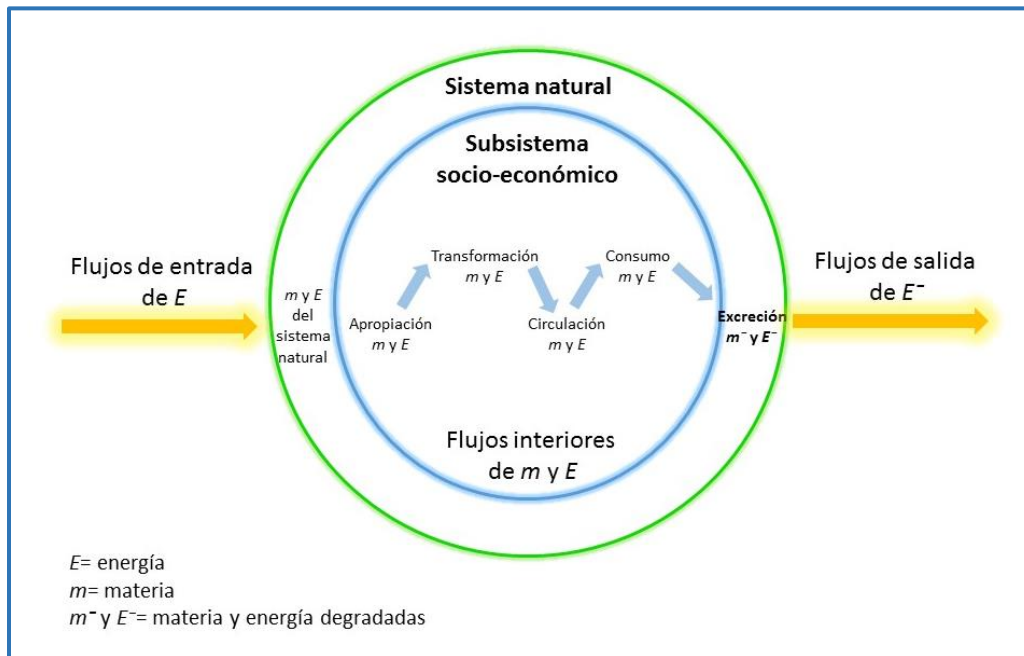
A este proceso, ritmo y forma en la que nos apropiamos de la naturaleza y generamos desechos se le conoce como metabolismo social. Cada metabolismo es propio de cada sociedad, pues cada una lo hace a un ritmo diferente, aunque es menester mencionar que, el metabolismo social es un proceso complejo dada la interrelación que hay entre las sociedades.

En el Cuadro 1 se muestra cómo funciona el metabolismo social. Básicamente se observa que dentro del sistema natural (el planeta) se encuentra un subsistema socio-económico (o varios), por ende, la naturaleza no se externaliza, sino que se internaliza y de hecho se concibe como un todo pues engloba los subsistemas socio-económicos. Además, se observan los flujos de materia (m) y energía (E). La energía entra, hay flujos interiores en el sistema y finalmente sale de forma disipada, pero con la materia no pasa lo mismo, en esta sólo hay flujos interiores, casi no entra y prácticamente no sale materia, lo que genera un problema ambiental, pues como resultado de nuestro estilo de vida, en el planeta no hay tiempo ni espacio suficiente como para que se puedan reintegrar los desechos ni para que pueda subsanar la materia que le fue extraída de manera intensiva.

De acuerdo con Toledo, existen tres campos de metabolismo social: el rural, el urbano y el industrial, cada uno tiene su propio ritmo incluso dentro de cada campo. Asimismo, a lo largo de la historia se han presentado tres regímenes de metabolismo social como resultado de la relación hombre-naturaleza: las sociedades recolectoras, las sociedades agrarias y las sociedades industriales.²²

²² Víctor M. Toledo, "El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica", *Relaciones*, núm. 136, México, otoño 2013, p. 53.

Cuadro 1. Metabolismo social



Fuente: Elaboración propia, con base en González y Molina y Toledo (2011).

Dentro de las sociedades recolectoras la gente subsistía del forraje, no se requería de una explotación intensiva de la tierra, ya que bastaba con lo que la naturaleza proveía. Los animales eran cazados con el fin de alimentarse, arrojarse o bien para obtener herramientas. En cambio, en las sociedades agrarias ya se pensaba en invertir en los ecosistemas para que estos siguieran produciendo bienes y no se acabaran los recursos, en esta etapa se alimenta a los animales, hay que procurarlos para obtener productos derivados de ellos y utilizarlos para el campo, hay un metabolismo social que requiere de una mayor biomasa.

Actualmente, las sociedades agrarias se encuentran en transición a las sociedades industriales debido al modelo económico, lo que exige un aumento en la escala metabólica. Las sociedades industriales requieren de energías fósiles, así como del empleo de minerales y metales. Dos terceras partes de la sociedad mundial se encuentran actualmente en transición del régimen agrario al industrial.²³ Este

²³ Helmut Haberl, *et al.*, "A Socio-metabolic Transition towards Sustainability? Challenges for Another Great Transformation", *Sustainable Development*, núm. 19, abril 2009, p. 1.

proceso se ha vuelto rápido y desordenado derivado de la dinámica del sistema y por un afán de los países en desarrollo por alcanzar un crecimiento económico competitivo.

Es importante enfatizar que, no es como tal el incremento de la población lo que genera una dinámica más rápida en el metabolismo social, sino más bien es el ritmo en los patrones de consumo lo que ocasiona cambios en el metabolismo que se traducen en problemas ambientales:

[...] mientras la población creció poco más de cuatro veces en el último siglo, en términos globales el consumo promedio de energía lo hizo 12 veces, el de metales 19 veces y el de materiales de construcción hasta 34 veces [...]. Sólo en medio siglo casi se cuadruplicó la generación de ese tipo de residuos al pasar de 360 millones de toneladas en 1960 a 1.16-1.3 mil millones de toneladas en 2010/2011, cifra que se espere se duplique en 2025.²⁴

Lo anterior también se ve reflejado en el tipo de sociedad:

Las particularidades del metabolismo social, atendiendo lo urbano y lo rural, son relevantes en tanto que la primera dimensión suele subsumir a la segunda, haciéndose del grueso de los beneficios y externalizando los pasivos de la segunda. Las asimetrías son evidentes pues lo urbano representa alrededor del 2% de la superficie terrestre, concentrando al menos tres cuartas partes de la riqueza mundial.²⁵

Esto quiere decir que el metabolismo social urbano tiende a ser más rápido en parte por la población (como un factor que influye pero que no necesariamente determina), pero más que nada por un conjunto de relaciones sociales que se establecen en el marco del sistema ante su necesidad de reproducirse y perpetuar en el tiempo. Por su parte, el metabolismo socio-económico en las regiones rurales

²⁴ Gian Carlo Delgado Ramos (coord.), "Metabolismo social y el bien común de la humanidad: Ecología, Economía y Política", *Buena vida, buen vivir: imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad*, México, UNAM-CEIICH, Colección Debate y Reflexión, 2014, pp. 148-149.

²⁵ *Ibid.*, p. 153.

como consecuencia de la disparidad económica que tiene frente a las sociedades urbanas, mantiene un ritmo más lento, pero no por ello atrasado.

Con base en lo anterior, los ritmos y formas de apropiación de la naturaleza pueden detonar una ruptura en el mismo, en tanto que existe un rompimiento en la relación metabólica entre los seres humanos y la naturaleza que obedece a un determinado modo de producción, cuyo fin es la acumulación de capital.²⁶

Cada sociedad tiene un perfil metabólico propio, ya que responde a su ritmo de extracción, consumo y desechos. Para ello, es importante contar con una medición que permita conocer el metabolismo social de cada región. La apropiación humana de la producción primaria neta (AHPPN) examina los intercambios en los flujos de materia y energía y la medición del agua virtual permite conocer la cantidad de este recurso requerida dentro de un subsistema socio-económico. Asimismo, existen otros mecanismos que contribuyen a un diagnóstico más completo para determinar el perfil metabólico de una sociedad: Análisis de Ciclo de Vida (LCA), Inventario del Ciclo de Vida (LCI), Análisis *Input - Output* (IOA), huella ecológica y la mochila ecológica, entre otras.²⁷ El objetivo es hacer un estudio que vaya más allá de un indicador económico y que fortalezca los valores que la naturaleza tiene.

De esta manera, el metabolismo social constituye una herramienta que no sólo ayuda a construir escenarios más complejos en la relación hombre-naturaleza, sino que también ofrece un análisis multidimensional y que no está basado en una racionalidad económica, sí la considera, pero no se determina por ella. Más bien acepta nuevos valores, criterios y metodologías reconociendo el valor que la naturaleza tiene *per se*.

²⁶ John Bellamy Foster, *Marx y la fractura en el metabolismo universal de la naturaleza*, [en línea], Dirección URL: <http://www.herramienta.com.ar/herramienta-web-15/marx-y-la-fractura-en-el-metabolismo-universal-de-lanaturaleza>, [consulta: 17 de julio de 2018].

²⁷ Vid, Willi Haas, *et al.*, *Social metabolism and accounting tools*, [en línea], Environmental Justice Organisations, Liabilities and Trade (EJOLT), Dirección URL: <http://www.ejolt.org/2012/11/social-metabolism-and-accounting-tools/>, [consulta: 3 de agosto de 2016].

Entonces, teniendo clara la importancia del metabolismo social, a continuación se presenta un marco de referencia para la problemática ambiental que responde a una crisis de civilización, es decir, las fronteras ecológicas.

1.2. Fronteras ecológicas

El Instituto de Estocolmo determinó en 2009 a través de un estudio riguroso, determinadas fronteras ecológicas o límites planetarios. Estas fronteras, marcan un espacio en el que el ser humano puede operar. Esto es, para que la humanidad tenga un desarrollo óptimo y asegure su supervivencia en el planeta, no debe rebasar ciertos límites, pues de hacerlo, se encontraría en un escenario de incertidumbre. Lo más probable es que una vez yendo más allá de aquellos límites, existan daños irreversibles y después de allí, no se sabe con certeza cuáles podrían ser las consecuencias políticas, sociales, económicas ni medioambientales. Dichas fronteras se encuentran resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Fronteras planetarias

Frontera planetaria	Estado antes de 1850 (preindustrial)	Frontera propuesta	Estado actual
1. Cambio climático (alteración del ciclo del carbono)	280 partes por millón (ppm)	<350 ppm	400 ppm
2. Acidificación oceánica	3.44 Ω arag	2.75 Ω arag	2.90 Ω arag
3. Capa de ozono	290 unidades Dobson	276 unidades Dobson	283 unidades Dobson
4. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno	0 toneladas/año	35 millones de toneladas/año	121 millones de toneladas/año
4. Ciclo biogeoquímico del fósforo	1 millón de toneladas/año	11 millones de toneladas/año	8.5-9.5 millones de toneladas/año
5. Consumo de agua dulce (alteración del ciclo del agua)	415 km ³	4,000 km ³	2,600 km ³
6. Cambio de uso de suelo	Bajo	15%	11.77%
7. Pérdida de biodiversidad (tasa de pérdida de especies) / Cambio en la integridad de la biósfera*	0.1-1 especies por millón	10 especies por millón	100 especies por millón
8. Carga de aerosoles en la atmósfera**	Desconocida	Desconocida	Desconocida
9. Contaminación química/Introducción de nuevas entidades*	Inexistente	Desconocida	Desconocida

Fuente: Gian Carlo Delgado (coord.), *Buena vida, buen vivir: Imaginarios alternativos para el buen vivir de la humanidad*, México, UNAM-CEIICH, Colección Debate y Reflexión, 2014, p.150.

*En 2015 los científicos del Instituto de Estocolmo optaron por cambiar algunos términos para darle un sentido más amplio a las fronteras planetarias. Así, *pérdida de biodiversidad* cambió por *cambio en la integridad de la biósfera*, ya que también es necesario tomar en cuenta el impacto del ser humano en el funcionamiento del ecosistema. Por su parte, *contaminación química* cambió por *introducción de nuevas entidades*, para hacer énfasis en las nuevas tecnologías que el hombre utiliza y que generan presión en el planeta.

**Frontera planetaria no considerada en la tabla original.

En la tabla anterior, se muestran las nueve fronteras planetarias, así como también el estado en el que se encontraban en 1850 en una época preindustrial, donde el metabolismo social era principalmente agrícola y no existía una gran demanda de recursos. En lo concerniente a las fronteras propuestas, estas están basadas en lo que el Instituto de Estocolmo considera como el límite que no hay que transgredir, pues de hacerlo, el sistema natural se modificaría sustancialmente. Por otra parte, en la columna del estado actual, se muestran datos del estado de las fronteras en los últimos años.

La frontera de *cambio climático* responde más que nada a las emisiones de CO₂ que provienen principalmente de la actividad humana y que, al ser tal la magnitud de las emisiones, atrapa una mayor cantidad de energía en la atmósfera, lo que genera a su vez un calentamiento en los océanos y en la superficie de la Tierra provocando cambios en los patrones del clima.

La *acidificación oceánica* está totalmente interrelacionada con las emisiones de CO₂, pues mientras mayores sean las emisiones de este compuesto, mayor será la captación del dióxido en el mar y al hacer reacción se producirán compuestos ácidos. Se debe considerar que el valor que se le otorga en la tabla, muestra que entre menor sea la unidad hay una mayor acidez en los océanos, entonces, la acidez de los océanos ha incrementado desde el periodo preindustrial. Además, este problema resulta progresivo: “[...] la captación actual de CO₂ por parte del océano superficial –y su consiguiente tasa de acidificación- ocurre unas 100 veces más rápidamente que durante el final de la última glaciación (hace 2000 años) que fue el último momento en el cual el CO₂ aumentó de forma significativa”.²⁸

Por su parte, la *capa de ozono* en la época preindustrial tenía 290 unidades Dobson. En su caso, la frontera propuesta es mínima, esto es, no debe bajar de las 276 unidades Dobson, ya que el ozono es la capa que protege a la Tierra de una mayor

²⁸ Daniel d’A Laffoley, J.M. Baxter (eds.), *Ocean Acidification: Questions Answered*, Ocean Acidification Reference User Group, European Project on Ocean Acidification (EPOCA), 2010, p. 2.

entrada de los rayos solares. En ese sentido, gracias al Protocolo de Montreal de 1987 que proponía proteger la capa de ozono a través de una reducción de las sustancias que la destruyen,²⁹ el estado actual ha llegado a las 283 unidades Dobson, por lo que los estudios que se hicieron a tiempo y las políticas implementadas han funcionado por el momento.

En lo que concierne a los *ciclos biogeoquímicos: fósforo (P) y nitrógeno (N)*, estos se han trastocado considerablemente, siendo el P una frontera ecológica en la que hay mucha presión, pues está a 2 millones de toneladas por traspasarse,³⁰ mientras que el ciclo del N ha sido transgredido por 86 millones de toneladas al año.

El *consumo de agua dulce*, es una frontera que no ha alcanzado el límite, sin embargo, es bien sabido que el consumo de agua dulce es desigual en el mundo, no todos tienen acceso a ella y quienes sí gozan de ese privilegio consumen más de lo que necesitan.

El *cambio en el uso de suelo* es un elemento que altera también al cambio climático, no hay que olvidar que la mayoría de las sociedades actuales se encuentran en transición hacia la industrialización, además, pese a la reducción de la pérdida en bosques, esta sigue siendo grave. El cambio en el uso de suelo es uno de los factores que más llega a impactar en el cambio climático.

En la frontera denominada *cambio en la integridad de la biosfera*, esta es una frontera que ya se traspasó y por mucho, anualmente se pierden 100 especies por millón, lo que genera alteraciones serias en los ecosistemas por la pérdida de flora

²⁹ United Nations Environment Programme, *Ozone Secretariat*, [en línea], Dirección URL: <http://ozone.unep.org/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/32506>, [consulta: 13 de junio de 2018].

³⁰ El dato más actual que se tiene es de 8.5-9.5 millones de toneladas en años recientes. Sin embargo, y como se ve más adelante en el Cuadro 2. Fronteras Planetarias, el Instituto de Estocolmo considera que la frontera del fósforo también ha sido traspasada. Los datos del Instituto en ese cuadro corresponden al año 2015.

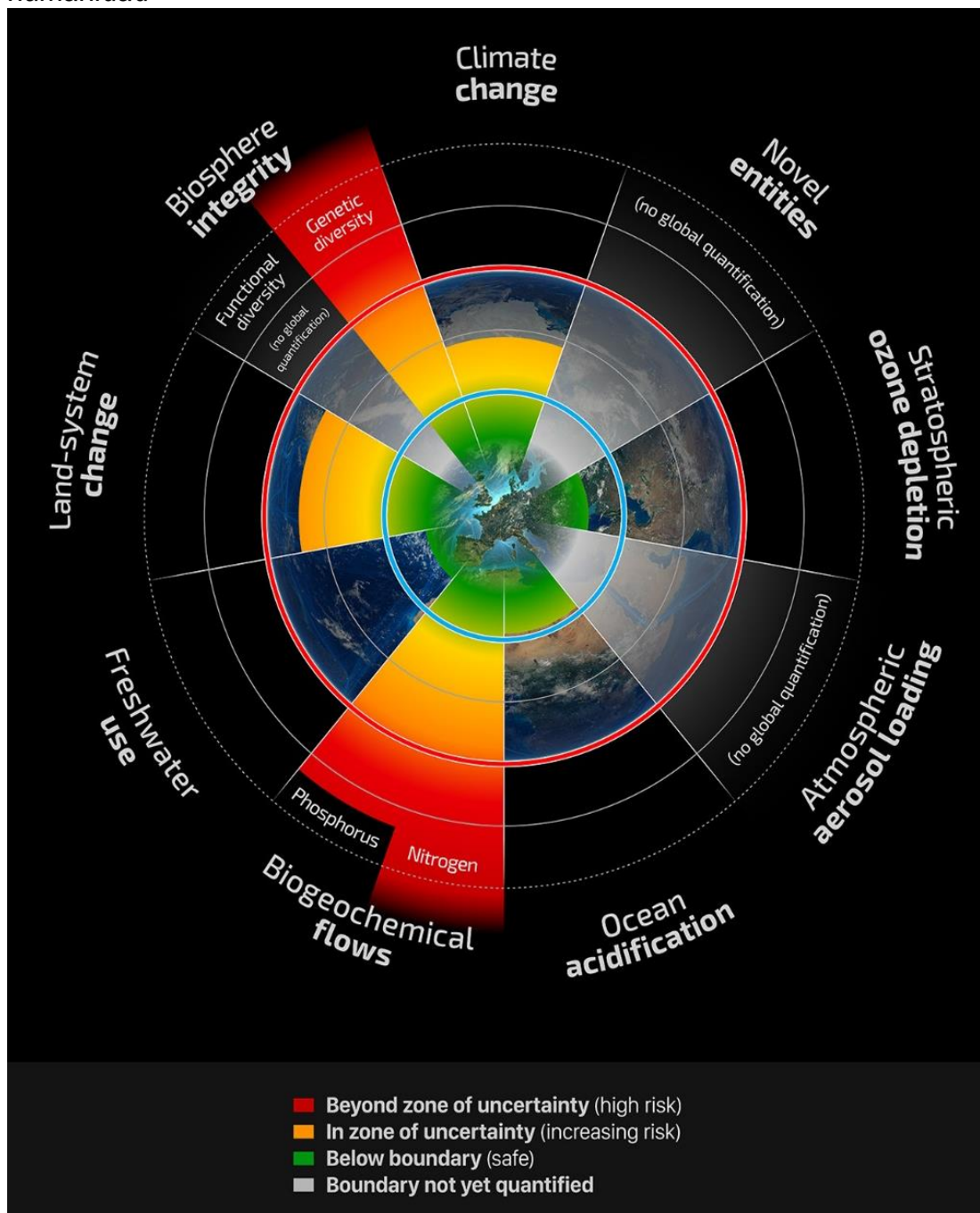
y fauna, que a su vez afectan al resto de las fronteras (ver Tabla 1. Fronteras planetarias).

Respecto a la *carga de aerosoles en la atmósfera* y a la *introducción de nuevas entidades*, estos son elementos de los cuales todavía no se tienen datos concretos pero que se sabe influyen y ejercen presión en el sistema natural. Son fronteras complejas, pero igual de importantes que las anteriores aún sin que se tengan datos exactos.

Las fronteras ecológicas se dividen en dos categorías. La primera categoría hace alusión a las fronteras centrales que son cambio climático y pérdida en la integridad de la biosfera. Esta categoría indica que en el momento en que cambie una u otra frontera, esta tendría la capacidad de modificar todos los ecosistemas del mundo. Dentro de la segunda categoría, en donde se encuentran el resto de las siete fronteras, se les conoce como las de segundo nivel. En estos límites, si existe un acercamiento que orille aún más a la frontera, el cambio ocurrirá no a nivel del planeta, sino a nivel del ecosistema. Sin embargo, si estas fronteras llegaran a hacer sinergia, sí podrían afectar al sistema planetario en su conjunto.

De las nueve fronteras ecológicas, cuatro ya se han traspasado: cambio climático, cambio en el uso de suelo, cambio en la integridad de la biosfera y los ciclos biogeoquímicos del N y P. A continuación se presenta una gráfica que muestra el estado actual de las fronteras ecológicas:

Cuadro 2. Fronteras planetarias. Un espacio seguro de operación para la humanidad



Fuente: Will Steffen, *et al.*, "Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Science*, 16 de enero de 2015. Diseño: Globalia.³¹

³¹ Cuadro 2: Climate Change (Cambio Climático); Biosphere integrity (Integridad en la biosfera); Genetic diversity (Diversidad genética); Functional diversity (Diversidad funcional); No global quantification (No hay cuantificación global); Land-system change (Cambio en el uso de la tierra); Freshwater use (Consumo de agua dulce); Biochemical flows (Flujos biogeoquímicos); Phosphorus (Fósforo); Nitrogen (Nitrógeno); Ocean acidification (Acidificación Oceánica); Atmospheric aerosol

Las fronteras ecológicas constituyen un marco en el que el ser humano puede operar de manera segura, sin comprometer su desarrollo ni a las futuras generaciones. El planteamiento que hace el Instituto de Estocolmo, no busca como tal un cambio en el sistema, pero deja claro que las políticas actuales y el sendero que se ha seguido se queda muy corto como para mantener a la humanidad dentro del espacio seguro de operación.

Retomando al cambio climático, esta frontera se queda corta, pues es apenas una pequeña parte de la crisis meramente ambiental. Cuando se observan los ciclos biogeoquímicos, el cambio en la integridad de la biosfera, la acidificación oceánica, etc. se puede observar que son límites interrelacionados, sin embargo, cada uno sigue un ritmo y con base en esa medida es como afecta a las otras fronteras. Por otra parte, es necesario considerar a las nuevas entidades y a la carga de aerosoles en la atmósfera porque no se tienen datos concretos, pero sí se sabe que pueden causar serios daños al medio ambiente y modificaciones en el planeta. Especialmente en la introducción de nuevas entidades, se puede abarcar a los transgénicos como una tecnología cuyos resultados positivos o negativos continúan descartándose o descubriéndose.

El reto que imponen los límites planetarios es el más importante que tiene la humanidad hasta el momento, por ello la importancia también del metabolismo social como un enfoque de estudio que permite dilucidar los subsistemas socio-económicos en el medio natural. De igual manera, no se puede hacer esto sin la reflexión del sistema que hemos creado y que se busca reproducir con tanto afán. Se debe buscar una reflexión más allá de una racionalidad de la acumulación de capital para entonces forjar soluciones integrales.

loading (Carga de aerosoles en la atmósfera); Stratospheric ozone depletion (Agotamiento de la capa de ozono); Novel entities (Nuevas entidades).

Acotaciones: Beyond zone of uncertainty, high risk (Más allá de la zona de incertidumbre, riesgo alto); In zone of uncertainty, increasing risk (En zona de incertidumbre, riesgo en aumento); Below boundary, safe (Por debajo de la frontera, seguro); Boundary not yet quantified (Frontera aún no cuantificada). (Traducción propia).

2. ¿Por qué existen los transgénicos?

Sembrado para comer es sagrado sustento del hombre que fue hecho de maíz. Sembrado por negocio es hambre del hombre que fue hecho de maíz.

Miguel Ángel Asturias

Grupos sociales padecen hambre y, muy probablemente, esa condición continúe a través de generaciones abarcando a más grupos como resultado del modo de producción actual. Por ello, el reto radica no en eliminarla, sino en cómo aminorar al máximo esa condición y sus consecuencias. Durante años se diseñaron políticas públicas que vinieran a asistir a los sectores más vulnerables y a combatir la pobreza, pero también se generó conocimiento en torno a la posibilidad de producir alimentos para cubrir la seguridad alimentaria. Resultado de años y años en investigación y desarrollo tecnológico, surgen los transgénicos como una respuesta viable frente al hambre.

Los transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM), son:

“organismos (por ejemplo, plantas, animales o microorganismos) en los que el material genético (ácido desoxirribonucleico - ADN) ha sido alterado de una forma que no ocurre naturalmente por reproducción y/o recombinación natural. La tecnología es comúnmente llamada “biotecnología moderna” o “tecnología genética”, en ocasiones también se le conoce como “tecnología de ADN recombinante” o “ingeniería genética”. Permite la transferencia de genes individuales seleccionados de un organismo a otro, incluso entre especies no relacionadas”.³²

La biotecnología se convierte en un mecanismo para poder cultivar alimentos en regiones con condiciones climáticas adversas. Se crea la idea de que en regiones como África Subsahariana, en donde hay un gran número de pobres y el clima es

³² WHO, *Food safety*, [en línea], (traducción propia), Dirección URL: http://www.who.int/foosafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/, [consulta: 13 de mayo 2017].

árido, se siembren alimentos que puedan resistir las inclemencias del clima y puedan nutrir a esa población.

Las plagas y enfermedades en los cultivos podrían resolverse gracias a un paquete tecnológico que ofrece una mayor resistencia a enfermedades y plagas. El campo dejaría de ser una gran extensión de tierra que a veces produce y a veces no, a ser un campo altamente productivo varias veces al año e innovador por la tecnología implementada.

En ese sentido se estarían beneficiando varias aristas del problema global del hambre. Por un lado, el hambre disminuiría en regiones que siempre han sido vulnerables, asimismo, la salud mejoraría al igual que la calidad de vida ocasionándole a los gobiernos un menor gasto social en torno a esta situación. Por otra parte, la economía se revitalizaría gracias a la producción, venta y consumo de estos alimentos. Además, los transgénicos representarían un gran avance en la tecnología al servicio de la población que permitiría explorar fronteras antes desconocidas y tener un control sobre los códigos genéticos de las especies. El campo cambiaría sus formas de cultivar y sería modernizado.

Bajo estas ideas, las grandes empresas de semillas transgénicas y proveedores de fertilizantes y plaguicidas tales como Monsanto, Syngenta, DuPont y Dow, establecieron sus metas para un negocio apetitoso.

Monsanto es claro en su visión y en su compromiso con la sociedad, la alimentación y el medio ambiente:

Nuestra visión de la agricultura sustentable procura cumplir con las necesidades de una población que crece rápidamente, proteger y conservar nuestro planeta y ayudar a mejorar la calidad de vida en todas partes. En 2008 Monsanto hizo un compromiso con la agricultura

sustentable: prometió producir más, conservar más, y mejorar las vidas de los agricultores para el año 2030.³³

Syngenta por su parte, establece que su ambición es: “ofrecerle, mayor seguridad alimentaria de manera ambientalmente sostenible a un mundo cada vez más poblado mediante la creación de un cambio mundial escalonado en la productividad de la agricultura”.³⁴

Por otra parte, DuPont se basa en una innovación inclusiva, trabajando en más lugares con más personas:

Garantizar que los alimentos saludables y nutritivos sean suficientes y estén disponibles para todas las personas en cualquier parte del mundo es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la humanidad. Este enfoque en satisfacer las necesidades de una creciente población mundial contribuirá a que los países en vías de desarrollo prosperen y promoverá el crecimiento económico en todo el mundo.³⁵

Siendo esos los compromisos de las principales empresas en transgénicos en el mundo, los resultados que han arrojado hasta el momento y de acuerdo con ellas mismas, han sido positivos. Monsanto, por ejemplo, se comprometió a duplicar los campos de producción del maíz en 2030, tomando como referencia el año 2000. A la fecha, Monsanto ha conseguido el 21% de ese objetivo, considerando que para ello, se está permitiendo un acceso completo al paquete tecnológico. Tomando como referencia el mismo periodo, se ha logrado reducir un tercio de los insumos por unidad de producción para cultivar, lo cual representa el 18% del objetivo.

³³ Monsanto, *Nuestro compromiso con la agricultura sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.monsanto.com/global/lan/quienes-somos/pages/nuestro-compromiso-con-la-agricultura-sustentable.aspx>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].

³⁴ Syngenta, *Nuestra ambición*, [en línea], Dirección URL: <http://www.syngenta.com.mx/nuestra-ambición>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].

³⁵ DuPont, *Desafíos globales*, [en línea], Dirección URL: <http://www.DuPont.mx/corporate-fuctions/our-approach/global-challenges.html>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].

Syngenta por su parte, en 2015 logró estar presente en 90 países, tener 112 sitios de producción y abastecimiento, 119 sitios de investigación y desarrollo y generar 28,704 empleos alrededor del mundo. Asimismo, esta empresa cuenta con el plan *The Good Growth Plan* en el que destina 1.4 mil millones de dólares al año en investigación y desarrollo.

De acuerdo con el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés), a nivel internacional y de manera general en 2015, 28 países (20 países en desarrollo y 8 países desarrollados) habían plantado 179.7 millones de has. de cultivos transgénicos. En ese mismo año, se celebraba el vigésimo aniversario de la comercialización de los alimentos transgénicos. Quienes lideran esa lista son Estados Unidos (70.9 millones de has.), Brasil (44.2 millones de has.), Argentina (24.5 millones de has.), India (11.6 millones de has.) y Canadá (11 millones de has.).

En sus mismos reportes de la ISAAA se señala que el maíz es el principal cultivo transgénico que hay en el mundo, este se produce por 17 países, le sigue el algodón, la soja y la canola en 15, 11 y 4 países respectivamente. Asimismo, se afirma que 18 millones de campesinos de escasos recursos se beneficiaron de los cultivos transgénicos en 2015.³⁶

En lo concerniente a México y el maíz, DuPont señala lo siguiente:

La pérdida de alimentos en la cadena de valor es mayor durante la etapa productiva en países en desarrollo, como México, mientras que en países más desarrollados es en la etapa de consumo. [...] Actualmente, los mexicanos consumen más de 30 millones de toneladas de maíz por año, de estas, la tercera parte es de importación y en su gran mayoría proviene de Estados Unidos. Si México lograra

³⁶ ISAAA, *Where are the Biotech Crops Grown in the World?*, ISAAA, Dirección URL: http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/infographic/pdf/B51-Infographic_PlantingCountries.pdf, [consulta: 18 de diciembre de 2016].

ser autosuficiente en el consumo de maíz, la derrama económica del campo sería de casi 4,500 mdd.³⁷

Así pues, derivado de la situación actual del país, en donde siempre se ha descuidado al campo mexicano (cuando debería ser una de las fortalezas del país) y las condiciones de los productores, este tipo de tecnologías debería funcionar para alimentar a los 55.3 millones de pobres que hay en el país³⁸ y para mejorar las condiciones de vida de los campesinos, así como también debería favorecer a la ganadería.

En referencia a lo anterior, se puede decir que la importancia de ser de los transgénicos se debe a que representan un gran avance tecnológico para el aseguramiento del incremento de la producción. Desde el punto de vista de los grandes centros de investigación privados, los transgénicos son una alternativa para un mundo con hambre al mismo tiempo que siguen la idea de la sustentabilidad. Sin embargo, así como los transgénicos surgen como solución ante una crisis, también constituyen un parteaguas en el debate ético dentro de la ciencia. Del mismo modo, se cuestiona su eficacia frente a los posibles daños ambientales y en la salud que pudiesen ocasionar. En el siguiente apartado, se podrá ir observando poco a poco cómo es que el desarrollo tecnológico en la agricultura, sobre todo en México, representa ambas caras de la moneda.

³⁷ Adrián Araiza, “¿Los transgénicos en verdad pueden combatir el hambre en el mundo?”, [en línea], *Forbes.com*, Dirección URL: <http://www.forbes.com.mx/los-transgenicos-en-verdad-pueden-combatir-el-hambre-en-el-mundo/#gs.Lbpwaf4>, 21 de octubre de 2015, [consulta: 14 de enero de 2017].

³⁸ De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en 2014 se registraron 55.3 millones de personas en condiciones de pobreza, lo que representa el 46.2% de la población. Cuando en 2010 había 52.8 millones (46.1%) y en 2012 había 53.3 millones (45.5%) en las mismas condiciones. Cada vez más hay más pobres, lo que implica un reto mayor para la seguridad alimentaria. Fuente: CONEVAL, *Medición de la pobreza*, [en línea], Dirección URL: <http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezalInicio.aspx>, [consulta: 15 de enero de 2017].

2.1. El desarrollo tecnológico en la agricultura

La modificación genética en los cultivos ha ocurrido desde miles de años atrás. Científicos han determinado que la región montañosa de Zagros, en Irán, fue el origen y punto de dispersión de algunos de los principales cultivos modernos (la cebada, las lentejas, chícharos y el trigo). Hace 9,800 años las semillas empezaron a perder la capacidad o facilidad para dispersarse, por lo que se llevó a cabo la domesticación morfológica que consiste en la adaptación de las semillas a través de la cruce una y otra vez para dar lugar a determinadas plantas. Estas prácticas agrícolas han significado cambios no sólo en el medio ambiente, sino que también han implicado cambios importantes en la economía, política, cultura y dieta del ser humano.³⁹

Pasaron los años y continuaron las modificaciones en la agricultura, mismas que tuvieron un papel predominante en la segunda mitad del siglo XX cuando se experimentó la Revolución Verde y paralelo a ello, se pusieron en duda cuestiones éticas de la tecnología en la vida, en los cambios sociales y económicos, así como también sus afectaciones en el medio ambiente.

La Revolución Verde encuentra sus cimientos a finales de la Primera Guerra Mundial y se expande globalmente después de la Segunda Guerra Mundial. En 1964 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) dio a conocer su informe *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*, en el que se destacaba lo siguiente:

Lo que causa especial preocupación es que en muchos de los países que están en fase de desarrollo, y donde mayor es la necesidad, la expansión de la producción agrícola y de alimentos ha sido aún más lenta que el desalentador promedio mundial. [...] En este esfuerzo se

³⁹ Luis Robledo-Arriata, "La historia de la agricultura y de los cultivos transgénicos", [en línea], CIENCIORAMA, Dirección URL: http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323_cienciorama.pdf, [consulta: 19 de febrero de 2017], p. 2.

necesita con urgencia la ayuda, tanto técnica como financiera, de los países más avanzados.⁴⁰

En este sentido, la Revolución Verde representó todo un modelo tecnológico a nivel internacional, pero sobre todo fue un proyecto enfocado en los países en vías de desarrollo el cual requería de inversión pública y privada. En este periodo, Estados Unidos jugó un rol importante, pues tras la Segunda Guerra Mundial y como país líder del bloque occidental, su fin era el de preservar el desarrollo y la paz en el mundo. Por ello, hizo uso de la asistencia internacional como una herramienta para reconstruir al mundo por los impactos devastadores de la guerra en Europa y en América Latina brindaría asistencia como un mecanismo para ayudar al desarrollo de las naciones en el marco de una Guerra Fría.

A través de un encuentro entre el Vicepresidente de Estados Unidos, Henry Wallace y el presidente de la Fundación Rockefeller, Raymond Fosdick, se pensó en un programa de desarrollo agrícola en Latinoamérica que tendría efectos económicos y políticos positivos. La ayuda de Estados Unidos en México se percibió a través de la Fundación Rockefeller y gracias a esta se logró la creación del Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), uno de los centros de investigación de maíz y trigo más importantes a nivel internacional y en donde trabajaría el padre de la Revolución Verde y Premio Nobel, Norman Borlaug. El CIMMYT se estableció en México y después logró tener oficinas y desarrollo de investigación en África, Asia y otros países latinoamericanos.

En 1946, la Fundación Rockefeller a través de su compañía de Economía Básica contribuyó también en la asistencia para países como Brasil para la comercialización del maíz híbrido. Por su parte, la empresa Cargill encontró su mercado en Argentina para la producción del mismo cereal. Las fundaciones Ford y Kellogg's también invirtieron en varios proyectos en países en desarrollo para la

⁴⁰ FAO, *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 1964*, [en línea], FAO, 1964, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/017/ap652s/ap652s.pdf>, [consulta: 19 de febrero de 2017], pp. 2-3.

producción de cultivos transgénicos. Bajo la influencia de las mismas empresas estadounidenses se creó el Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) en donde se agrupan 15 centros de investigación actualmente: Africa Rice Center (AfricaRice), Biodiversity International, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Center for International Forestry Research (CIFOR), CIMMYT, Centro Internacional de la Papa (CIP), International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), International Food Policy Research Institute (IFPRI), International Institute of Tropical Agriculture (IITA), International Livestock Research Institute (ILRI), International Rice Research Institute (IRRI), International Water Management Institute (IWMI), World Agroforestry Center y World Fish.

El informe de la FAO también menciona que uno de los grandes problemas en la alimentación es la escasa cantidad de proteínas que consume gran parte de la población, lo que afecta a la salud y eficiencia de las futuras generaciones al ser los más afectados las madres lactantes, las mujeres grávidas y los niños pequeños.⁴¹ Ante ello, se dice lo siguiente:

En las regiones más desarrolladas desde el punto de vista económico, en las cuales la ingestión de proteínas es también la más elevada, ésta [sic] ha experimentado un aumento de un 6 por ciento en relación con la cifra de anteguerra, en tanto que en las regiones en proceso de desarrollo, que es donde más se necesita una ampliación del abastecimiento, se calcula que éste [sic] ha disminuido más o menos en la misma proporción.⁴²

En el caso específico de América Latina: “la producción agrícola regional de 1963/64 superó la de 1961/62 en menos del 1 por ciento, al paso que la población aumentó durante ese mismo periodo más del 5 por ciento”.⁴³

⁴¹ *Ibid.*, p. 10.

⁴² *Ibid.*, p.11.

⁴³ *Ibid.*, p. 27.

Por otra parte, es importante resaltar que la situación económica en los años 60 se manifestaba en términos negativos:

Muchos de los países en desarrollo han estado sufriendo en los últimos meses presiones inflacionistas crecientes, que han tenido con frecuencia efectos perjudiciales en la ejecución de sus planes de desarrollo, y se han visto obligados a tomar varias medidas a corto plazo, principalmente fiscales y monetarias, para remediar la situación. [...] la tendencia ascensional que registraron los precios agrícolas en los mercados internacionales comenzó en 1962 y, tras ciertas fluctuaciones, persistió en todo el año 1963 y en los primeros meses de 1964. [...] En 1963 el valor unitario medio que rigió para las exportaciones de todos los productos agrícolas ascendió 8 por ciento, tanto en valor corriente como en términos reales. Se trataba de la primera elevación apreciable que habían registrado los precios internacionales de los productos agrícolas desde la época de auge provocada por la guerra de Corea.⁴⁴

[...] en no menos de 74 de los 85 países sobre los cuales existen datos para 1963 el promedio del costo de la vida fue más elevado que en 1962.⁴⁵

Así pues, el problema con la agricultura venía en cuatro sentidos:

1. La población estaba creciendo a tasas más altas que la producción de alimentos.
2. Si bien la producción de los alimentos pudo haber aumentado, esto sucedió en los países desarrollados mientras que no fue así en los países más necesitados. Además, dicha producción de los países no desarrollados estaba dedicada a abastecer a los países desarrollados a través del comercio internacional.
3. En los países en desarrollo había que satisfacer las necesidades nutricionales para asegurar el óptimo desarrollo de la población en términos de salud.
4. Los precios volátiles en las importaciones y exportaciones de los alimentos los hacían inaccesibles para más personas.

⁴⁴ *Ibid.*, pp. 39 y 47.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 83.

Para todo ello era necesario abrir paso a una modernización y progreso en la agricultura. La Revolución Verde permitió grandes inversiones en países en desarrollo para generar conocimiento y tecnología en torno al modo de la producción de los alimentos mejorando la eficiencia, reduciendo la cantidad de tierra cultivable, creando capacidades para el mejoramiento de los alimentos a través de la intervención genética, haciéndolos más resistentes a plagas e introduciendo mejoras en su ADN para satisfacer la falta de nutrientes sobre todo en las poblaciones más pobres del mundo y asegurando el abastecimiento adecuado de los alimentos en todo el mundo.

En esencia esos son los principios de los alimentos transgénicos y el objetivo de la Revolución Verde. Sin embargo, pronto se pondría entredicho la tecnología en la agricultura debido a que los resultados arrojados iban más allá de esta tecnología *per se*.

En el siguiente apartado, se hará un análisis de los efectos positivos y negativos de la Revolución Verde en relación con la agricultura.

2.1.1. Impactos positivos de la Revolución Verde.

Los impactos positivos de la Revolución Verde se ven especialmente reflejados en la eficiencia productiva de los alimentos de los países en desarrollo, en los costos de producción, en los avances tecnológicos y en los precios de los alimentos.

Es importante reconocer que la Revolución Verde abrió paso para que agricultores de países en desarrollo cambiaran sus métodos de cultivo tradicional a métodos modernos utilizando nuevas tecnologías, como tractores, químicos, fertilizantes, pesticidas, maquinaria mejorada y de irrigación. Esto tuvo como consecuencia un cambio en el rol de la mujer al no depender tanto de su ayuda en el campo. De igual manera, el tiempo destinado a estas actividades disminuyó, entonces había más tiempo libre o de disfrute para agricultores y campesinos.

Por otra parte, también permitió la necesaria transferencia de tecnología y de *know how* de países desarrollados a países en desarrollo, lo que a su vez ocasionó que la agricultura fuese una práctica con un mayor grado de especialización. Además, también implicó un desarrollo en la industria de maquinaria para productos de agricultura: tractores, trituradoras, cortadoras, fertilizadoras, cosechadoras, etc., cuya demanda fue incrementando conforme a la producción.

Uno de los grandes acontecimientos en la Revolución Verde fueron las *High-Yielding Varieties seeds* (HYVs) o semillas de variedades de alto rendimiento, lo que permitió pasar de una agricultura tradicional a una agricultura de escala industrial sobre todo en tierras de pequeños productores. Una singularidad de estas semillas fue la reducción del proceso del barbecho, esto es, ya no era necesario dejar descansar a la tierra para que esta recuperara sus nutrientes, sino que con estas semillas ya era posible sembrar más veces al año sin preocuparse por las condiciones de la tierra, aunque era necesario el uso de un paquete tecnológico con fertilizantes y pesticidas para asegurar el adecuado rendimiento de las semillas.

Gracias a la implementación de las HYVs: “La producción de arroz y trigo en países en desarrollo incrementó 75% entre 1965 y 1980 con sólo un incremento del 20% en el área plantada por estos cultivos”.⁴⁶

Entre 1960 y 1990 el abastecimiento de alimentos en países en desarrollo incrementó entre 12% y 13% con la introducción y adopción de tecnologías de la Revolución Verde, de lo contrario, se estima que la producción hubiese sido 20% menos. Además, los precios de los alimentos hubiesen aumentado entre 35% y un

⁴⁶ P. Fitzgerald-Moore, B. J. Parai, *The Green Revolution*, [en línea], Dirección URL: <http://people.ucalgary.ca/~pfitzger/green.pdf>, p. 2. En: Edward C. Wolf, “Beyond the Green Revolution: New Approaches for Third World Agriculture,” *Worldwatch Paper*, núm. 73, Worldwatch Institute, 1986, p. 15.

65%, mientras que la disponibilidad calórica promedio hubiese disminuido un 11% o hasta 13%.⁴⁷

Asimismo, en 2016 se cultivó una superficie de 185.1 millones de has. de alimentos transgénicos en un total de 26 países que juntos representan el 60% de la población mundial, 19 son países en desarrollo y 7 son desarrollados. Estados Unidos ocupa el primer lugar como productor con 72.9 millones de has., le sigue Brasil con 49.1 millones, Argentina con 23.8 millones de has., Canadá e India con 11.6 y 10.8 millones de has. respectivamente. Entre las propiedades de los cultivos genéticamente mejorados se incluye la resistencia a enfermedades y plagas, mayor tolerancia a herbicidas y una mejora en la calidad y nutrientes de los alimentos.^{48 49}

En el periodo de 1996 a 2013, se incrementó el valor de la producción en 133 mil millones de dólares, lo que significó la disminución de la pobreza 16.5 millones de pequeños agricultores. En esos mismos años se produjeron 441 millones de toneladas adicionales (alimentos, forraje y fibra) gracias a las HYVs. De no ser por estas semillas, para alcanzar el monto adicional se hubiese necesitado cultivar 132 millones de hectáreas más. En los mismos años, y conforme a datos del ISAAA, fue posible reducir 500 millones de kilogramos de pesticidas, lo que representa aproximadamente un 37% a la vez que aumentó un 22% el rendimiento de los cultivos y, por ende, se incrementaron las ganancias un 68% aproximadamente.⁵⁰

⁴⁷ Prabhu L. Pingali, *Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead*, Bill and Melinda Gates Foundation, Agricultural Development (PNAS), Seattle, julio, 2012, vol. 109, núm. 31, p. 12303.

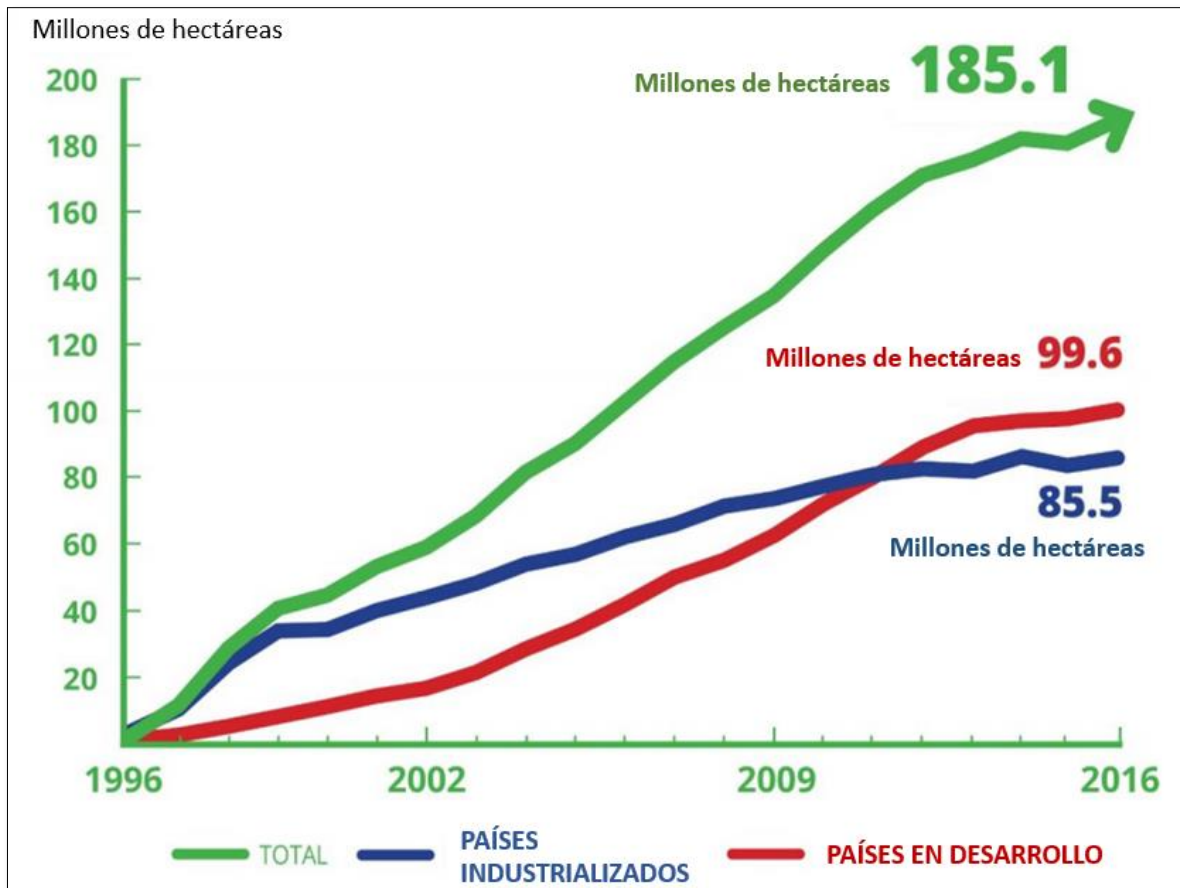
⁴⁸ ISAAA, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*, [en línea], ISAA Brief núm. 52, ISAAA: Ithaca, Nueva York, 2016, Dirección URL: <http://www.isaaa.org/purchasepublications/itemdescription.asp?ItemType=BRIEFS&Control=IB052-2016>, [consulta: 9 de mayo de 2017].

⁴⁹ En el caso del maíz transgénico, las mejoras se presentan en la resistencia a enfermedades y plagas, así como una mayor tolerancia a herbicidas (ver apartado 3.1. Maíz transgénico en México, de esta investigación).

⁵⁰ ISAAA, *Los cultivos transgénicos muestran un crecimiento constante; beneficios obtenidos en 2014; la superficie sembrada en todo el mundo aumentó en 6 millones de hectáreas*, [en línea], ISAAA, Dirección URL: www.isaaa.org, [consulta: 17 marzo de 2017].

En la siguiente gráfica se muestra el ascenso de la siembra de cultivos transgénicos en el periodo de 1996 a 2016:

Gráfica 1. Cultivos transgénicos a nivel mundial. Millones de hectáreas (1996-2016)



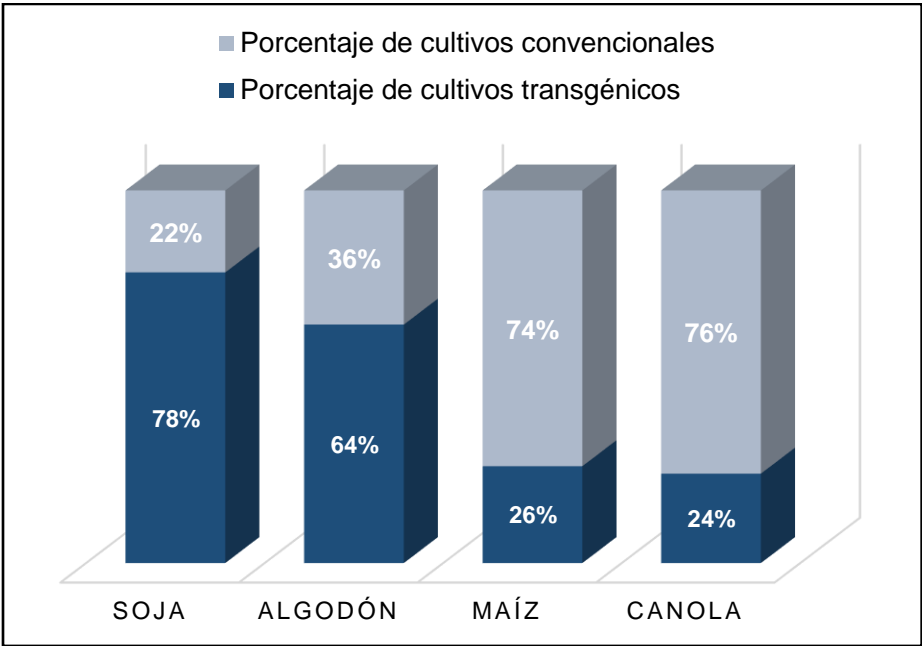
Fuente: ISAAA, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*, [en línea], ISAA Brief núm. 52, ISAAA: Ithaca, Nueva York, 2016, Dirección URL: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/pptslides/default.asp>, [consulta: 9 de mayo de 2017].

Asimismo, es necesario apuntar que el único año en donde hubo un descenso en la producción, fue en 2015. En el año 2014 se había logrado cultivar transgénicos en un área de 181.5 millones de hectáreas, mientras que en 2015 la producción fue de 179.7 millones de hectáreas, esto es, 1% menos en relación al año anterior. Sin embargo, en 2016 la cifra aumentó de nuevo y se consiguieron 185.1 millones de hectáreas cultivadas, considerando que en 2015, 28 países produjeron este tipo de cultivos, y en 2016 la cifra bajó a 26 países (Burkina Faso no plantó cultivos

transgénicos debido a asuntos internos en conflicto con el algodón genéticamente modificado. Rumania tampoco lo hizo debido a los requisitos de reportes de los cultivos, los cuales implicaban grandes gastos).

Como menciona Clive James, fundador de ISAAA, los altibajos en los porcentajes de producción año con año suelen ser resultado de una combinación de factores, tales como el precio internacional de los productos básicos, la demanda de biocombustibles, la necesidad de alimentos para ganado y aves de corral, el estrés ambiental, las plagas, las políticas de los países y la percepción de los consumidores, entre otros. Adicionalmente, vale la pena conocer los porcentajes de cultivos transgénicos respecto al total de los millones de hectáreas sembradas de las semillas más importantes a nivel global:

Gráfica 2. Principales cultivos en el mundo. Cultivos transgénicos y convencionales



Cultivo	Área total (Millones de hectáreas)	Área de cultivos convencionales (Millones de hectáreas)	Área de cultivos transgénicos (Millones de hectáreas)
Soja	117	25.74	91.26
Algodón	35	12.60	22.40
Maíz	185	136.90	48.10
Canola	36	27.36	8.64

Fuente: Elaboración propia con datos del ISAAA.

Como se observa en la Gráfica 2, más de la mitad de la soja y el algodón cultivados en el mundo son transgénicos. En el caso del maíz, sólo el 26% corresponde a semillas genéticamente modificadas, la mayoría de estas sembradas en Estados Unidos y con el fin de aumentar el número de hectáreas año con año.

Así pues, los efectos de la Revolución Verde han generado impactos positivos en la producción de los alimentos. No obstante, como toda innovación tecnológica, requiere de tiempo, espacio y pruebas para mejorar continuamente y cumplir con el objetivo mundial de erradicar el hambre.

Considerando lo anterior, es menester conocer también los impactos negativos de esta revolución.

2.1.2. Impactos negativos de la Revolución Verde

Como se verá ahora, la Revolución Verde también tuvo repercusiones negativas en el medio ambiente y en aspectos sociales, que no son propias de las innovaciones tecnológicas como tales, sino que más bien responden a ambiciones económicas y fuerzas políticas que por lo mismo han impedido hasta la fecha una aceptación de la biotecnología en la agricultura a nivel internacional.

Derivado de que las mejoras en los transgénicos incluían una mayor resistencia a plagas, se abrió un espacio para que las plagas y pestes fuesen más potentes. En 2013, la revista *Nature Biotechnology* publicó *Insect resistance to Bt crops*, un estudio realizado por Bruce E. Tabashnik, Thierry Brévault e Yves Carrière investigadores de la Universidad de Arizona. En el estudio realizado, se analizaron 13 especies de insectos diferentes de los cuales cinco desarrollaron resistencia a

un cultivo transgénico con Bt que era una característica para combatirlos. Todo esto en un periodo de seis años.⁵¹

Los plaguicidas (incluye insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas y roenticidas), se utilizan desde el siglo XIX. En sus inicios eran tóxicos tanto para el ser humano como para otro tipo de biodiversidad que no necesariamente eran los destinatarios, algunos de estos eran: nitrofenoles, creosota, naftaleno y aceites de petróleo. En la década de 1940 y 1950, comenzaron a utilizarse productos como el DDT y el HCCH, cuyos efectos en el medio ambiente eran desastrosos. A partir de 1985, los plaguicidas se obtenían gracias a la ingeniería genética, esto es, la transferencia de genes a organismos para resistir a plaguicidas biológicos, lo que trajo consigo una perturbación de la ecología microbiológica.⁵²

Por otra parte, el hecho de tener solamente una sola variedad mejorada y cultivarlo en las grandes extensiones de terreno que ya se dedican a la agricultura, implicaría acabar con las otras razas, por ende, disminuir la biodiversidad biológica que hay en el mundo, lo que altera a los ecosistemas por completo. Aunado a ello, al no cultivar variedades, la tierra pierde nutrientes y con el paso del tiempo se desgastaría desfavoreciendo la fertilidad. De acuerdo con el Instituto Federal de Suiza, en Estados Unidos el número de variedades de semillas de maíz no transgénicas disminuyó un 67% de 2005 a 2010 (de 3,226 variedades a 1,062), mientras que el número de variedades transgénicas aumentó un 6.7% en el mismo periodo.⁵³

⁵¹Tec Review, “Transgénicos: productores de súper plagas”, [en línea], *tecreview.itesm.mx*, junio 2016, Dirección URL: <http://www.tecreview.itesm.mx/transgénicos-productores-de-super-plagas/>, [consulta: 24 de marzo de 2017].

⁵² G.A. Stephenson, K.R. Solomon, *Pesticides and the Environment*, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 1993.

⁵³ Ken Roseboro, “GM seed monopoly: fewer choices, higher prices”, [en línea], (traducción propia), *gmwatcht.org*, octubre, 2013, Dirección URL: <http://www.gmwatch.org/en/bills-test/15093-gm-seed-monopoly-fewer-choices-higher-prices>, [consulta: 13 de marzo de 2017].

Además, con la introducción de la tecnología en la agricultura se genera una sustitución del trabajo, lo que ocasiona a su vez migración del campo a la ciudad y una pérdida de injerencia del rol de la mujer en la agricultura:

La migración de áreas rurales menos favorecidas ha sido citada como una estrategia para la reducción de la pobreza; sin embargo, cuando la migración fuera de las zonas rurales ocurre más rápido que el crecimiento de oportunidades de empleo, sólo hay como resultado una transferencia de la pobreza más que una verdadera reducción de la misma asociada a la transformación en la agricultura.

El sexo juega un rol importante en la distribución de los beneficios de la Revolución Verde. Las mujeres campesinas y cabezas de familia tienen menos ganancias que sus contrapartes masculinas entre cultivos y continentes. La transferencia de tecnología se enfoca en campesinos hombres, con pocas medidas para dirigir la tecnología a las necesidades de las mujeres o considerando sus condiciones sociales, de esta manera, se pierden mujeres campesinas.⁵⁴

La propiedad intelectual es un punto muy delicado, pues más que funcionar como un reconocimiento a la innovación, funciona como un mecanismo para monopolizar el conocimiento y comercializarlo impidiendo una libre competencia. La obtención de patentes a nivel internacional está regulada por la Organización Mundial Comercio (OMC), a través del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), que permite poseer la patente por un periodo mínimo de 20 años. La propiedad intelectual se obtiene sobre un producto o proceso en prácticamente todos los campos de la tecnología.⁵⁵

⁵⁴ Prabhu L. Pingali, *op. cit.*, p. 12304.

⁵⁵ Es importante señalar que cada gobierno tiene la facultad de negar la obtención de patentes a una invención cuando está prohibida su explotación comercial, así como también métodos de diagnóstico, terapéuticos y quirúrgicos, plantas y animales (a excepción de microorganismos), y los procedimientos biológicos para la producción de plantas o animales (que no sean procedimientos microbiológicos). Asimismo, es necesario apuntar que, lo que las empresas regularmente buscan es una patente de modelo de utilidad ya que son menos rigurosas que las patentes, el proceso de registro varía de país en país pero puede durar seis meses y es válido patentar una alteración genética en las plantas. En Estados Unidos y en México es posible obtener patentes de modelo de utilidad. *Vid*, Wen Zhou, "The Patent Landscape of Genetically Modified Organisms", [en línea], *harvard.edu*, Dirección URL: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/the-patent-landscape-of-genetically-modified-organisms/>, [consulta: 10 de marzo de 2017].

Un estudio realizado a las principales empresas de semillas transgénicas, dio como resultado que para obtener una patente, se requiere una inversión de alrededor de 136 millones de dólares, contemplando las fases de descubrimiento, desarrollo y autorización para su comercialización.⁵⁶ Esto sólo lo pueden llevar a cabo empresas de gran capital que derivado de la exclusividad de poseer los derechos, incrementan todavía más sus ganancias, recuperando el capital invertido en poco tiempo.

A lo largo de más de 20 años sólo un puñado de empresas tienen el monopolio sobre los derechos de propiedad intelectual de los OGM: Syngenta, DuPont, Monsanto, BASF, Bayer y Dow a quienes se les conocía como las Seis Grandes, “esas seis representa[ba]n el 75% de la investigación y desarrollo agrícola del sector privado, controla[ba]n el 75% de las ventas mundiales de agroquímicos y 63% de las ventas de semillas comerciales”.⁵⁷

En los últimos años se fusionaron incrementando la concentración de conocimiento y ganancias económicas en cuatro corporaciones. Bayer adquirió a Monsanto en 2016 por 66 mil millones de dólares y ChemChina compró a Syngenta por 43 mil millones de dólares. Por su parte, Dow y DuPont anunciaron su fusión en 2015, la cual estuvo valuada en 62 mil millones de dólares.⁵⁸

Al ser sólo cuatro las empresas con mayor control en la comercialización de semillas transgénicas y plaguicidas, los precios son controlados para mantenerse elevados, por lo que la desigualdad entre campesinos incrementa. No todos pueden acceder

⁵⁶ Phillips McDougall, *The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait*, [en línea], 2012, Dirección URL: <https://croplife.org/wp-content/uploads/2014/04/Getting-a-Biotech-Crop-to-Market-Phillips-McDougall-Study.pdf>, [consulta: 18 de marzo de 2017].

⁵⁷ ETC Group, *Fusión entre Syngenta y ChemChina*, [en línea], febrero, 2016, Dirección URL: <http://www.etcgroup.org/es/content/fusion-entre-syngenta-y-chemchina>, [consulta: 22 de marzo de 2017].

⁵⁸ Jethro Mullen, Charles Riley, “Bayer compra Monsanto por 66.000 millones de dólares”, [en línea], *cnnspanol.cnn.com*, septiembre 2016, Dirección URL: <http://cnnspanol.cnn.com/2016/09/14/bayer-compra-monsanto-por-66-000-millones-de-dolares>, [consulta: 19 de marzo de 2017].

a los transgénicos y los grandes y medianos agricultores absorben a los pequeños. De acuerdo con el Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, en aquel país:

Entre 1995 y 2011, el costo promedio por hectárea de la semilla de soja y maíz transgénicos aumentaron 325 por ciento y 259 por ciento respectivamente. Este es aproximadamente el mismo periodo cuando la superficie de maíz y soja genéticamente modificada creció de menos del 20 por ciento a más de 80-90 por ciento.⁵⁹

Al no haber la suficiente competencia a nivel internacional y al obtenerse derechos exclusivos sobre los transgénicos, los precios de las semillas aumentan y al ser estas el insumo de los principales cultivos en el mundo, el precio de los alimentos incrementa también, volviendo al alimento todavía menos accesible a quienes lo necesitan.

Bajo la línea de la propiedad intelectual, también es relevante considerar a la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, por sus siglas en francés), iniciativa por parte del gobierno francés cuyo objetivo era el de homogenizar las formas en las que se protegían a las variedades vegetales en distintos países, esto quiere decir (aunque suene ilógico), homologar la protección intelectual de seres vivos.⁶⁰ Al Convenio de la UPOV se han adherido más de 70 países, entre ellos México, desde su creación en 1961. El Convenio se convierte en ley nacional y tiene efectos sobre cualquier variedad nueva de cualquier especie vegetal. Los obtentores de variedades nuevas poseen el derecho de producir, reproducir, vender, exportar y/o importar, así como el derecho de otorgar permisos para que otros lo puedan hacer. Este derecho tiene una duración mínima de 20 años.⁶¹

⁵⁹ Ken Roseboro, *op. cit.*

⁶⁰ *Vid*, Agustín López Herrera, "La incorporación de México en la UPOV y sus consecuencias", *Revista de Geografía Agrícola*, Universidad Autónoma Chapingo, México, p. 206.

⁶¹ *Vid*, GRAIN, *UPOV 91 y otras leyes de semillas: guía básica acerca de cómo las grandes empresas semilleras intentan controlar y monopolizar las semillas*, GRAIN, 2015, p. 4.

La UPOV es otro reflejo de los mecanismos utilizados para la privatización de la naturaleza,⁶² ya que margina a todos aquellos grupos sociales (entiéndase comunidades indígenas y campesinas) que han buscado la preservación del entorno y reproducción de razas y variedades bajo la idea del bien común.

Así pues, ante las semillas transgénicas se manifiestan también, problemas sociales y choques culturales entre empresas, campesinado y pueblos indígenas. El alimento no sólo es un medio de subsistencia para el ser humano, sino que también pasa a formar parte de su cosmogonía e idiosincrasia. Esto, de acuerdo con el pensamiento occidental, carece de importancia cuando no se le pueden poner estándares o métricas a creencias o valores diferentes al valor económico, sin embargo, tan válido es su forma de pensar como la de los pueblos indígenas. Ejemplo de ello, son los conflictos ecológicos en México respecto al maíz transgénico, los cuales se estudiarán más adelante.

Por otra parte, la cuestión ética permea muchos de los debates en torno a los transgénicos y a la biotecnología, recurriendo a preguntas como: ¿hasta qué punto será correcto intervenir en el genoma de las especies, incluyendo el humano?, ¿por qué aceptar a la biotecnología y a los transgénicos en tratamientos médicos y no en los alimentos?, ¿bajo qué parámetros hay que permitir o prohibir el cultivo de transgénicos?, entre otras.

Tomando en consideración las ventajas y desventajas de la Revolución Verde en el mundo, no hay duda de sus bondades en la capacidad para incrementar la producción de los alimentos y mejorar sus propiedades para garantizar una mayor ingesta calórica en el ser humano. La Revolución Verde abrió paso para el desarrollo de nuevas industrias y para mejorar el sistema de siembra y cosecha en el campo. Sin embargo, lo que se critica en este periodo es la discrepancia entre el gran avance tecnológico y el desarrollo en el conocimiento dentro de la ciencia

⁶² *Ibid.*, p. 17.

social que impide el correcto uso de las herramientas tecnológicas para crear un bien común.

2.2. El hambre en el mundo

El hambre es la carencia diaria de la ingesta calórica que un ser humano necesita para su apropiado desarrollo físico y mental. Por su parte, la seguridad alimentaria tiene que ver con el acceso y asequibilidad de los alimentos, que generalmente tiene que ver con cuestiones económicas. Respecto a la soberanía alimentaria, esta se refiere a la capacidad libre del productor a sembrar lo que desee bajo las condiciones que así considere pertinentes. Tanto la situación de hambre como la seguridad y soberanía alimentarias están íntimamente relacionadas, pues las personas que no tienen las posibilidades económicas o no gozan de la libertad para sembrar sus productos, padecen de una condición cotidiana de hambre que afecta su óptimo desarrollo.

De acuerdo con el Programa Mundial de Alimentos, “Durante semanas, incluso meses, los afectados [por el hambre] deben vivir con mucho menos de las 2.100 kilocalorías recomendadas que una persona promedio necesita para llevar una vida sana”.⁶³

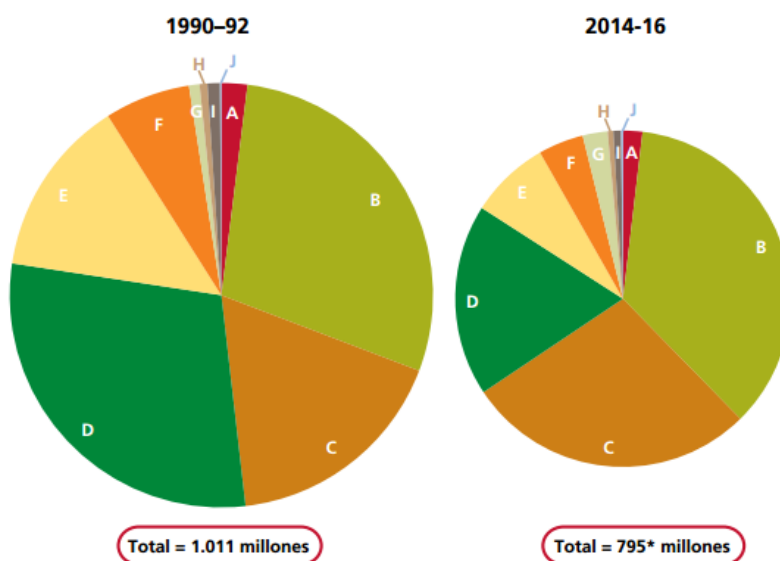
La necesidad alimentaria es un elemento que la población debe cubrir y satisfacer diariamente. Algo que podría ser tan normal y cotidiano, se convierte en un lujo inalcanzable para gran parte de la población que vive especialmente en países en desarrollo. Para entender esta idea, datos de la FAO indican que uno de cada ocho personas en el mundo padece hambre y por si ese dato no fuese lo suficientemente alarmante, “cada cinco segundos, un niño menor de diez años muere de hambre o

⁶³ PMA, *Hambre. ¿Qué causa el hambre?*, [en línea], Dirección URL: <http://es.wfp.org/content/pma-que-causa-el-hambre>, [consulta: 27 de febrero de 2017].

por sus secuelas inmediatas”,⁶⁴ lo que significa que cuando el lector haya acabado de leer la cita anterior ya murió un niño.

En el mundo, las regiones con mayor índice de hambre se distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 3. Evolución de la distribución del hambre en el mundo: número y proporción de personas subalimentadas por región, 1990-92 y 2014-16



	Número (millones)		Proporción regional (%)	
	1990-92	2014-16	1990-92	2014-16
A Regiones desarrolladas	20	15	2,0	1,8
B Asia meridional	291	281	28,8	35,4
C África subsahariana	176	220	17,4	27,7
D Asia oriental	295	145	29,2	18,3
E Asia sudoriental	138	61	13,6	7,6
F América Latina y el Caribe	66	34	6,5	4,3
G Asia occidental	8	19	0,8	2,4
H África del Norte	6	4	0,6	0,5
I Cáucaso y Asia central	10	6	0,9	0,7
J Oceanía	1	1	0,1	0,2
Total	1.011	795*	100	100

⁶⁴ *Idem.*

Notas: El tamaño de los gráficos circulares es proporcional al número total de personas subalimentadas en cada período. Los datos relativos al período 2014-16 son estimaciones provisionales. Todas las cifras se han redondeado. *Incluye datos de Sudán que no están incluidos en la cifra de África Subsahariana, tras la separación del país cuando Sudán del Sur se convirtió en un estado independiente en 2011.

Fuente: FAO; FIDA; PMA, *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*, Roma, FAO, 2015, p.11.

Entre 1990 y 1992, 1011 millones de personas estaban subalimentadas. Entre 2014 y 2016, el registro era de 795 millones de personas en la misma condición, esto es, en 25 años, sólo fue posible reducir 21%. La reducción del hambre se presentó en regiones desarrolladas donde hubo una disminución del 0.2%,⁶⁵ Asia Meridional logró una reducción del 6.6%, África Subsahariana lo hizo un 10.3%, Asia Oriental 10.9%, Asia Sudoriental 6%, en América Latina y el Caribe hubo una disminución del 2.2%, en África del Norte 0.1% y en el Cáucaso y Asia Central del 0.2%. Por el contrario, Asia Occidental y Oceanía presentaron un incremento en la tasa de su población subalimentada de 1.6% y 0.1% respectivamente.

El Programa Mundial de Alimentos indica que la inseguridad alimentaria se presenta por seis causas:

1. La pobreza. Es un factor que dificulta todavía más la salida del círculo vicioso del hambre. Cuando la gente no posee recursos para acceder a una adecuada alimentación, pierde nutrientes y enferma, y si no posee los mínimos recursos para acceder a los alimentos, tampoco los posee para acceder a los servicios de salud, incrementando su vulnerabilidad frente a cualquier otro tipo de inseguridad.

Es necesario señalar que la pobreza no se da únicamente por aspectos económicos, sino que también se mantiene y se profundiza por aspectos

⁶⁵ Los porcentajes son en relación a la proporción regional del Cuadro 3.

geográficos que están íntimamente ligados a cuestiones de cambio climático y por el sistema de producción mundial.

2. La falta de inversión agrícola. De acuerdo con investigaciones del PMA y la FAO, “la inversión en agricultura es cinco veces más efectiva en la lucha contra el hambre y la pobreza que la inversión en cualquier otro sector”.⁶⁶

La falta o la omisión de las políticas públicas por parte de las instituciones es uno de los grandes problemas en los países en desarrollo al darle prioridad a políticas que buscan un mayor crecimiento económico a través del desarrollo de ciudades, ocasionando a su vez una gran migración de lo rural a lo urbano.

La inversión agrícola debe estar dirigida a sistemas de agua para suministro y almacenamiento, así como también a la infraestructura en caminos y transporte para una mejor distribución.

3. Clima y el tiempo. Las inundaciones y las sequías son elementos que alteran la producción de los alimentos. El PMA menciona que entre los años 2000 y 2009, un promedio de 220 millones de personas padeció los efectos de alteraciones en el clima cada año.⁶⁷

En este punto se debe resaltar la importancia de las fronteras ecológicas como, la pérdida de la biodiversidad, la alteración en los ciclos biogeoquímicos, la deforestación y la salinización de la tierra que impactan de forma negativa en la producción de los alimentos y compromete a las generaciones futuras. En ese sentido, no únicamente se debe hacer referencia a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono como un mecanismo para evitar el incremento a la temperatura y sus consecuentes alteraciones en los patrones del clima, sino que también se

⁶⁶ PMA, *op.cit.*

⁶⁷ PMA, *Maps: Food Insecurity And Climate Change*, [en línea], Dirección URL: <https://www.wfp.org/content/maps-food-insecurity-and-climate-change>, [consulta: 7 marzo de 2017].

debe hacer un análisis entendiendo la complejidad de las demás fronteras ecológicas.

4. Guerras y desplazamientos. Regularmente en las guerras, se hace recurso de un recorte al suministro de los alimentos para que determinadas zonas de interés queden debilitadas. Así como las guerras pueden llevar a la inseguridad alimentaria, esta última también puede ser la causa de inestabilidad política y conflictos armados. En el caso de los conflictos armados y la inestabilidad política, la hambruna puede causar más muertes que la violencia.

A escala mundial, entre 2004 y 2009, unas 55,000 personas perdieron la vida cada año como consecuencia directa de un conflicto o del terrorismo. Por el contrario, la hambruna causada por los conflictos y las sequías provocó la muerte de más de 250,000 personas solo [sic] en Somalia entre 2010 y 2012.⁶⁸

Los desplazamientos por conflictos también son causa de inseguridad alimentaria al abandonar tierras productivas.

5. Mercados inestables. El precio de los alimentos fluctúa constantemente derivado del resto de las causas de la inseguridad alimentaria. Cuando los precios de los alimentos suben, regularmente se cambia el consumo hacia alimentos de menor calidad resultando en una deficiencia en nutrientes.

No obstante, la tendencia de dirigir un consumo a alimentos de menos calidad por el incremento de los precios, no se cumple necesariamente, ya que existen grandes variedades de frutas y verduras que se pueden adquirir a bajo costo (al menos en América Latina) y que poseen los nutrientes necesarios para el ser humano.

⁶⁸ FAO; FIDA; PMA, *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*, Roma, FAO, 2015, p. 41.

6. Desperdicios de alimentos.

Un tercio de todos los alimentos producidos (1.3 mil millones de toneladas) nunca es consumido. [...] Producir estos alimentos también utiliza preciados recursos naturales necesarios para alimentar al planeta. Cada año, los alimentos que son producidos, pero que no son consumidos, aglutinan un volumen de agua equivalente al flujo de agua del río Volga, en Rusia. Producir estos alimentos también liberan un aproximado de 3.3 mil millones de toneladas de gases de invernadero.⁶⁹

A lo anterior, habría que sumar más factores que alteran la seguridad alimentaria y una correcta nutrición para un apropiado desarrollo, es claro que están íntimamente relacionados con los factores anteriores por lo que podrían confundirse dentro de la complejidad de estos, sin embargo, vale la pena pensarlos como otros cuatro factores más:

7. Distribución/acceso. Si hay inseguridad alimentaria y prevalece la condición del hambre es por la distribución de los alimentos a nivel internacional: “En el mundo se produce suficiente comida para alimentar a toda la población. Para la población mundial, la disponibilidad de alimento per cápita incrementó de 2,220 calorías al día a principios de la década de 1960 a 2,790 calorías diarias en 2006-2008”.⁷⁰

El continente africano y asiático son las dos grandes regiones del mundo con mayor número de personas que padecen hambre, independientemente de cuestiones de cambio climático, por condiciones geográficas o por conflictos políticos, las acciones también requieren de apoyo para satisfacer las necesidades alimentarias de la población.

⁶⁹ PMA, *op.cit.*

⁷⁰ World Hunger, “World Hunger and Poverty Facts and Statistics”, [en línea], *worldhunger.org*, Dirección URL: <http://www.worldhunger.org/2015-world-hunger-and-poverty-facts-and-statistics/>, [consulta: 24 de abril de 2017].

8. Calidad de los alimentos. Es necesario hacer una diferencia entre la cantidad de alimentos que realmente nutren a la población de aquellos que son considerados como alimentos chatarra. El ser humano no requiere únicamente de ingesta calórica, sino que también requiere de vitaminas y proteínas para cumplir con un desarrollo adecuado.

Si bien en el mundo se produce más que suficiente para alimentar a más de las 7,000 millones de personas que hay en el planeta, ello no quiere decir que los alimentos sean de calidad. Por calidad en los alimentos se entiende a los procesos productivos a los cuales someten a los alimentos para después venderlos. No es un secreto que la carne que se consume en el mundo posee un alto porcentaje de hormonas. Tampoco es secreto que grandes los productos procesados poseen sustancias químicas que dañan a la salud o que no fueron procesados bajo condiciones higiénicas.

Después de los años 50 viene una revolución en la industria alimenticia resultado de los grandes avances tecnológicos experimentados durante la Segunda Guerra Mundial. En los conflictos bélicos era necesario trasladar alimentos sin que se echaran a perder, además de que tenían que ser prácticos a la hora de comer. Los conservadores, la comida rápida, la comida enlatada y deshidratada son ejemplo de dichos avances que se trasladaron en un futuro al resto de la sociedad.

9. Ritmo de consumo. No se presenta el mismo ritmo de consumo en países desarrollados que los países en desarrollo. Por ende, los niveles de desperdicio también difieren. A manera de ejemplo, Estados Unidos tiene un consumo diario per cápita de 3,641 calorías, y en peso, su consumo es de 2,729 gramos,⁷¹ sumado a ello, el 40% de la producción de la comida se

⁷¹ Vid, National Geographic, "What the world eats", [en línea], *nationalgeographic.com*, Dirección URL: <http://www.nationalgeographic.com/what-the-world-eats/>, [consulta: 7 de mayo de 2017].

desperdicia cada año.⁷² Por su parte, México consume diariamente 3,021 calorías per cápita y su consumo traducido en gramos es de 1,822,⁷³ y desperdicia el 20% de la producción anual.⁷⁴

10. Falta de transparencia en instituciones nacionales e internacionales. Los esfuerzos de los gobiernos deben dirigirse a mejorar la producción al mismo tiempo que satisfacen las necesidades humanas, mas no las necesidades del mercado. Si no hay un apoyo al campo, si no prevalece un sentido de cuidado hacia el medio ambiente y un respeto a las naciones de un país y si no hay una institución sólida y transparente, hay más posibilidades de no asegurar una correcta alimentación a la población, hecho que no se puede resarcir con políticas asistencialistas, sino con políticas integrales, a largo plazo y que solucionen, mas no que aminoren u oculten los problemas. Asegurar alimento de calidad para todos, se vería reflejado en el gasto público destinado al sector salud en cualquier país.

Así pues, la condición del hambre y la seguridad alimentaria en el mundo se ven afectadas por múltiples factores, por lo que queda claro que la Revolución Verde *per se* no puede solucionar el problema, pero tampoco ha representado una pieza clave en la lucha contra esta condición. La modernización de la agricultura supone más bien un nuevo mercado para un grupo determinado de empresas.

Cuando los beneficios se han manifestado principalmente en materia económica y no así en aspectos sociales y medioambientales, es necesario el análisis de esta Revolución Verde a partir de la ética y racionalidad de la ciencia.

⁷² NRDC, “Food waste”, [en línea], *nrdc.org*, Dirección URL: <https://www.nrdc.org/issues/food-waste>, [consulta: 2 de mayo de 2017].

⁷³ National Geographic, *op. cit.*

⁷⁴ Forbes, “20% de los alimentos producidos en México se desperdician”, [en línea], *forbes.com.mx*, junio, 2013, Dirección URL: <https://www.forbes.com.mx/20-de-los-alimentos-que-se-producen-en-mexico-se-desperdician/>, [consulta: 1 de mayo de 2017].

Al proceso de generar información, conocimiento y el desarrollo de nuevas herramientas para que más alimentos lleguen a la población no se desdeña, sin embargo, derivado de los elementos detonadores del hambre y la inseguridad alimentaria, es necesario entonces reconocer que acciones sobre aspectos como la distribución, ritmo de consumo y la calidad de los alimentos pueden generar todavía más un impacto positivo para evitar la pérdida humana relacionada a este problema.

Con prácticas ambientalmente adecuadas utilizadas para producir alimentos y con políticas públicas sólidas, transparentes e integrales es más fácil aliviar esta situación.

En el siguiente apartado se abordará de manera más precisa el tema de los transgénicos en México y también se hablará de su relación con la soberanía alimentaria, para poder entender desde el contexto nacional los beneficios, desventajas, conflictos y paradojas que conlleva la introducción de organismos genéticamente modificados sobre el elemento que representa la base de la alimentación y la cultura mexicana: el maíz.

3. El maíz transgénico en México: conflictos ambientales

La belleza del universo no es sólo la unidad en la variedad, sino también la diversidad en la unidad.

Umberto Eco, El nombre de la rosa (1980)

El maíz, cuyo nombre científico es *Zea mays*, tiene un origen incierto, existen muchas teorías al respecto, pero la mayoría parte de que su origen está en Mesoamérica. El teocintle (palabra proveniente del náhuatl donde *teo* significa *Dios* y *cintle* significa *maíz*, esto es, *maíz del Dios* o *granos de los Dioses*) es el ancestro directo del maíz, ambos de apariencia similar. El teocintle tiene tallos ramificados y pequeñas mazorcas con dos hileras de granos, mientras que el maíz tiene un tallo robusto y pocas mazorcas, pero con un mayor número de hileras de granos, lo cual es resultado de su domesticación.⁷⁵

El maíz, es el resultado de la domesticación de las semillas desde hace aproximadamente 10,000 años,⁷⁶ esto es, el maíz deviene de la hibridación de semillas, especialmente del teocintle. De hecho, el teocintle se considera una fuente importante para mejorar la resistencia a enfermedades, la calidad y la adaptación del maíz a condiciones adversas. Hasta la fecha el maíz posee características que le permiten adaptarse y cultivarse en diferentes climas. También, es importante mencionar que de la hibridación del maíz y teocintle pueden producirse híbridos fértiles.⁷⁷

Asimismo, el maíz ha formado parte vital para el desarrollo de las civilizaciones en Mesoamérica. En la actualidad, es uno de los tres principales cereales más

⁷⁵ Confer, Biodiversidad Mexicana, *Teocintle*, [en línea], Dirección URL: <https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/teocintle2012.html>, [consulta 22 de mayo de 2017].

⁷⁶ Biodiversidad Mexicana, *Maíces*, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/maiz.html>, [consulta 22 de mayo de 2017].

⁷⁷ *Idem*.

importante a nivel internacional (junto con el arroz y el trigo)⁷⁸ con impactos sociales, económicos, políticos y ambientales. En la Tabla 2 se muestra a los mayores productores de este cereal entre el 2010 y 2016. En primer lugar estuvo Estados Unidos, seguido por China, Brasil, Argentina, India y México, aunque la Unión Europea como región supera a México. En promedio, México generó 6.78% en relación a la producción de Estados Unidos en esos cinco años.

Tabla 2. Producción mundial del maíz (millones de toneladas)

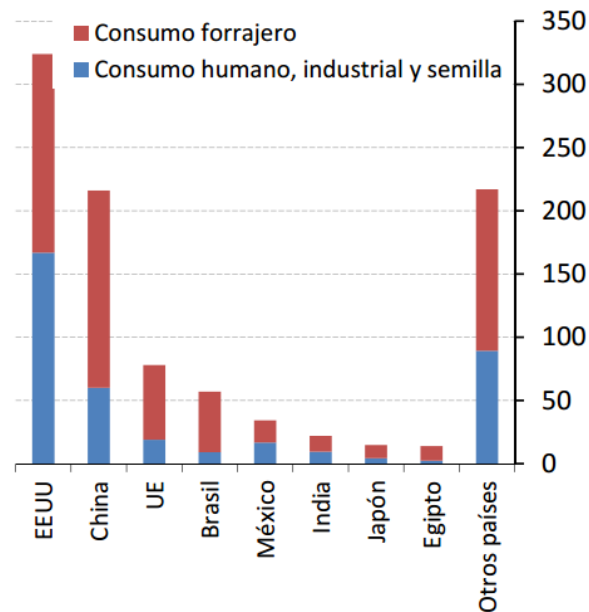
País \ Año	2010	2011	2012	2013	2014
Estados Unidos	316,164,930	313,934,773	273,820,066	351,271,870	361,091,140
China	177,540,788	192,904,232	205,719,284	218,621,905	215,812,100
Brasil	55,364,271	55,660,235	71,072,810	80,273,172	79,881,614
Argentina	22,663,095	23,799,830	21,196,637	32,119,211	33,087,165
India	21,725,800	21,760,000	22,260,000	23,290,000	23,670,000
México	23,301,879	17,635,417	22,069,254	22,663,953	23,273,257

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT

Sin embargo, como se muestra en la Gráfica 3 es necesario considerar que la producción está dirigida a diferentes fines. En los países industrializados como Estados Unidos, la producción se utiliza principalmente para el pienso, esto es, como alimento para el ganado y/o como materia prima para procesos industriales. Muy pocos son los países que lo utilizan como parte de una dieta diaria. Tal es el caso de México, que es capaz de aprovechar el maíz desde que está tierno hasta que está maduro, desde sus granos hasta sus hojas.

⁷⁸ FAO, *Maize. Post-harvest operations*, FAO, 2003, p. 7.

Gráfica 3. Distribución de consumo del maíz



Fuente: FIRA, *Panorama agroalimentario. Maíz 2015*, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, FIRA, 36 pp. Con datos de PSD USDA.

La importancia del maíz es de tal magnitud que ha sido posible encontrar al menos 600 formas diferentes de preparar a este cereal en la dieta del mexicano.⁷⁹ No obstante, también se debe considerar el comercio internacional para darse una idea de que no todo lo que se consume en México se produce en el país. Así pues, las importaciones y exportaciones del maíz se han dado de la siguiente manera:

Históricamente, Estados Unidos ha sido el principal proveedor de maíz grano a nuestro país. Durante 2014, el 100 por ciento del volumen importado provino de dicho país norteamericano. Las importaciones de maíz durante el primer semestre de 2015 se ubican en 5.8 millones de toneladas, con un valor de 1,143.4 millones de dólares. El volumen de exportación de maíz durante 2014 tuvo como principales destinos a Venezuela, con 83.7 por ciento del volumen enviado, lo que representa 0.33 millones de toneladas; le sigue Estados Unidos, con 9.2 por ciento, y finalmente Nicaragua, con 7.0 por ciento del total exportado.⁸⁰

⁷⁹ *Ibid.*

⁸⁰ FIRA, *Panorama agroalimentario. Maíz 2015*, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, FIRA, p. 25.

En ese sentido, México importa más maíz de lo que exporta, lo que habla de una necesidad de una mayor producción en el cereal. A Venezuela exporta un volumen de 0.33 millones de toneladas, a Estados Unidos exporta 0.03 millones de toneladas de maíz, mientras que a Nicaragua 0.02 millones de toneladas. Las exportaciones e importaciones de México en 2014 se estiman en un 0.39 y 10.32 millones de toneladas respectivamente, lo que quiere decir que hay un déficit en la balanza comercial de 9.93 millones de toneladas, misma tendencia que se ha reflejado a lo largo del tiempo siendo el año 2014 con el resultado más negativo de la balanza comercial.

Tabla 3. Balance comercial de México respecto al maíz

	2010	2011	2012	2013	2014	2015**
Producción nacional	23,301,879	17,635,417	22,069,254	22,663,953	23,273,257	24,946,000
*Importaciones	7,775	9,412	9,454	7,085	10,327	5,773
*Exportaciones	550.4	32.1	758.7	569.0	390.7	281.5
*Balanza comercial	-7,225	-9,379	-8,696	-6,516	-9,936	-5,491
Total de maíz en el país	30,526,479	27,015,317	30,764,554	29,179,953	33,209,557	30,437,500

*Datos expresados en miles de toneladas.

**Datos de 2015 eran proyecciones.

Fuente: Elaboración propia con datos de SIACON-SAGARPA y SIAP.

Si consideramos la Tabla 3, esto es, la producción nacional, la balanza comercial y el total de toneladas de maíz que quedan disponibles en el país, entre 2010 y 2015 un 27.55% en promedio del maíz consumido en el país es importado de Estados Unidos, lo que representa poco más de un cuarto del maíz consumido (ya sea alimento para ganado, humano o para fines industriales). Pero ha habido años en los que la importación del cereal representa alrededor de un tercio del total consumido, así pasó en el año 2011, 2012 y 2014, cuando la importación representó un 34.83%, 30.73% y 31.09% respectivamente.

Un mexicano consume alrededor de 267g de maíz al día. De acuerdo con el INEGI, en 2015 la población del país era de 119,530,753,⁸¹ lo que significa que para alimentar a la población diariamente se requiere de una producción de 31,914.71 toneladas o bien de 11,648,869.15 toneladas de maíz en un año. Esto quiere decir que en México se produce casi el triple para alimentar a toda la población, aun y sin considerar las importaciones de maíz, la producción representaría el doble de lo que consume actualmente la población.

México puede no ser el primer productor ni consumidor de maíz en el mundo, pero su valor en la cultura y alimentación del mexicano es de vital importancia. Además, el país constituye el centro de origen y domesticación del maíz. Es el centro de origen del maíz, porque es la “zona geográfica en donde se encuentra el máximo de diversidad del cultivo y coexisten o coexistieron sus parientes silvestres”⁸² (como el teocintle). Del mismo modo, es un país de domesticación, ya que dentro de su territorio se llevó a cabo el “proceso de selección genética que, por medio de la alteración de algún atributo clave, transforma las formas silvestres en variedades domesticadas de cultivos”.⁸³ Se han logrado encontrar 59 razas de maíz de origen en el país, mismas que fueron creadas a lo largo de 8,000 años aproximadamente.

Tabla 4. Razas de maíz encontradas en México

Grupos de maíz	Razas de maíz
Grupo Cónico o de las partes altas del centro de México (15)	Arrocillo, Cacahuacintle, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán, Negrito, Palomero de Chihuahua, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño y Uruapeño

⁸¹ INEGI, *Población, hogares y vivienda*, [en línea], Dirección URL: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>, [consulta: 28 de mayo de 2017].

⁸² Elena R. Álvarez-Buylla, Alma Piñeyro Nelson, (coords.), “Origen y diversidad del maíz”, *El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México*, México, UNAM, CEIICH, UCCS, 2013, p. 26.

⁸³ *Ibid.*, p. 28.

Grupo Sierra de Chihuahua (6)	Cristalino de Chihuahua, Gordo, Azul, Apachito y Serrano de Jalisco y Mountain Yellow.
Grupo de maíces de Ocho hileras o razas del occidente de México (12)	Ancho, Blando de Sonora, Bofo, Bolita, Elotes Occidentales, Harinoso de Ocho, Jala, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tablilla de Ocho, Onaveño y Zamorano Amarillo.
Grupo Chapalote (4)	Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Elotero de Sinaloa y Reventador.
Razas de maíces tropicales precoces o de maduración temprana (4)	Conejo, Nal-Tel, Ratón y Zapalote Chico.
Grupo de maíces dentados tropicales (11)	Celaya, Chiquito, Choapaneco, <i>Cubano Amarillo*</i> , <i>Nal-Tel de Altura*</i> , Pepitilla, Tepecintle, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño y Zapalote Grande.
Grupo de maíces de maduración tardía (12)	Comiteco, Coscomatepec, Dzit-Bacal, Mixeño, Motozinteco, <i>Negro de Chimaltenango*</i> , Olotillo, Olotón, Tehua, <i>Serrano*</i> , Serrano Mixe y <i>Quicheño*</i> .

*Nota: De las 64 razas encontradas en el país, 59 tienen origen en México. La raza Cubano amarillo fue encontrada en el Caribe. Por su parte, las razas Nal-Tel de Altura, Serrano, Negro de Chimaltenango y Quicheño fueron encontradas primero en Guatemala.

Fuente: Biodiversidad Mexicana, *Razas de maíz en México*, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/razas2012.html>, [consulta: 30 de mayo de 2017].

Como se mencionó anteriormente, el maíz tiene gran importancia dentro de la cosmovisión e idiosincrasia del mexicano en general. Esta situación no puede ser menospreciada cuando se habla de consumo y producción, mucho menos cuando se habla de políticas públicas y de la introducción de nuevas tecnologías en el campo como los transgénicos. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México está compuesto por 68 pueblos indígenas, es decir, 15.7 millones de personas indígenas.⁸⁴ Aunado a lo anterior, de acuerdo con el CIMMYT, “en México y el resto de América Latina los maíces indígenas son cultivados en 54% de la superficie destinada a este cereal”.⁸⁵ “Los pueblos

⁸⁴ CDI, *Programa Especial de los Pueblos Indígenas 2014-2018*, México, 2014, p. 13.

⁸⁵ Elena R. Álvarez-Buylla, Alma Piñeyro Nelson, (coords.), *op. cit.*, p. 42.

indígenas tienen aproximadamente tres millones de hectáreas de tierra dedicadas al cultivo [de maíz], principalmente de temporal y con métodos agrícolas tradicionales”.⁸⁶ Prácticamente todos los pueblos indígenas en México producen maíz, el cual es diferente entre un pueblo y otro debido a que su producción está dada por diferentes costumbres, tradiciones, creencias y por las condiciones geográficas en las que se encuentra cada grupo.

Por lo anterior, es importante que las políticas públicas en la agricultura sean transversales y cuidadosas para asegurar que se respeten y entienda la complejidad de los pueblos indígenas a la vez que se asegura alimento para la población y se preserva la diversidad del país.

Con base en lo previamente mencionado, se puede decir que cuando la Revolución Verde llegó a México, la tecnología y la industria biotecnológica sobrepasaron a los pueblos indígenas, al campesinado en general y a las políticas públicas, de tal modo que, la producción se intensificó y fue alterando los ecosistemas, marginando aún más a los pueblos indígenas y a los pequeños productores al no poder adquirir semillas mejoradas ni maquinaria y enriqueciendo al mismo tiempo a los grandes agricultores que apenas representan una pequeña fracción del campesinado mexicano. No hay que olvidar que el campo en México, pese a que podría representar un sector importante dentro de la productividad del país, es uno de los pilares más descuidados, ya que las políticas públicas se centran principalmente en el desarrollo de complejos urbanos centralizados y no en un apoyo a una agricultura sustentable. Es más, se trata de urbanizar al campo y cuando no se trata de ello se trata de modernizar, tal y como se pretende con la introducción de maíz genéticamente mejorado.

Vale la pena destacar como dato interesante que: “[...] en más de 80 de las 176 áreas naturales protegidas (ANP) de competencia federal, la presencia de 267 mil indígenas [...] han preservado en buen estado los diversos ecosistemas y su biodiversidad, conservando así una parte importante del patrimonio natural del país”. *Vid, CDI, op. cit.*, p.14.

⁸⁶ Eckart Boege Schmidt, “Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz”, *Ciencias*, Veracruz, INAH, núm. 92-93, octubre 2008-marzo 2009, p.22.

Conociendo la diversidad del maíz en México, los obstáculos de su producción y distribución, es menester hablar ahora sobre el maíz transgénico en nuestro país.

3.1. Maíz transgénico en México

De acuerdo con Agrobio México, las mejoras tecnológicas introducidas al maíz hasta la fecha son:⁸⁷

- Producción bioinsecticidas mejorados (maíz *Bacillus thuringiensis* o maíz Bt). Favorece la protección contra las plagas y protección en el rendimiento.
- Sintetización enzimas que degradan agroquímicos. Genera tolerancia a herbicidas y un mejor control de malezas.
- Control del metabolismo. Mejora el balance de ácidos grasos y favorece la cocción saludable.
- Regulación de algunos genes anti-estrés. Genera tolerancia a sequía, calor, frío, suelos ácidos o salinos.
- Desarrollo de nuevas enzimas y procesos bioquímicos. Biofortificación de vitaminas y hierro, así como aprovechamiento de fosfitos.

Del mismo modo, existen semillas que están siendo desarrolladas para todavía mejorar en el control de plagas, malezas y enfermedades, la tolerancia al estrés, el crecimiento fortificado con vitamina A y el uso eficiente del nitrógeno.⁸⁸ Ante esto, es importante señalar lo siguiente:

El Bt es una bacteria proveniente del suelo cuyas proteínas pueden ser tóxicas para determinados insectos como el gusano barrenador europeo, el cual, diversas fuentes aseguran que no es apto para aplicarse en México dado que no es la misma plaga en Europa que en nuestro país, además de que la mayor plaga del maíz en

⁸⁷ Agrobio México, *Cultivos GM disponibles a nivel global*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrobiomexico.org.mx/disponibles/>, [consulta: 7 de junio de 2017].

⁸⁸ Agrobio México, *Tipos de cultivos GM en desarrollo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrobiomexico.org.mx/en-desarrollo/>, [consulta: 7 de junio de 2017].

nuestro país es el *Spodoptera frugiperda*, mejor conocido como el cogollero de maíz u oruga.

Ya sea que con la siembra del maíz Bt o un maíz resistente al cogollero de maíz se disminuya el uso de pesticidas, es importante estudiar el alto riesgo de que, con el tiempo, las plagas se hagan resistentes al maíz genéticamente mejorado y, por ende, habría que desarrollar y poner a la venta un nuevo maíz transgénico con otras mejoras, como se había mencionado en el capítulo anterior. En ese sentido, si los daños a la salud y al ambiente ya son inciertos con la implementación del maíz Bt, la incertidumbre de los riesgos incrementaría al potencializar este tipo de productos.

El glifosato es un elemento que también se ha introducido en los cultivos transgénicos. Como ejemplo, está el caso de Estados Unidos cuya introducción se hizo desde 1996 y ha reducido considerablemente el uso de herbicidas. Sin embargo, la cantidad de glifosato ha ido en aumento los últimos 13 años, tan solo en Estados Unidos se han requerido 145 mil toneladas de glifosato más de las que se hubiesen utilizado en cultivos no transgénicos. En relación al glifosato, ya se han detectado en Estados Unidos alrededor de 22 malezas agrícolas resistentes a este herbicida.⁸⁹ El glifosato, al ser un herbicida de amplio espectro, puede dañar no sólo a malezas sino también a hierbas y arbustos por lo que disminuye en la nutrición de plantas y aumenta su vulnerabilidad a plagas. El glifosato también genera impactos en la salud como un mayor riesgo de desarrollar cáncer, defectos congénitos, enfermedades neurológicas, etc.

Además, es necesario mencionar la diversidad de plagas que viajan debido a cuestiones concernientes al cambio climático, lo que altera la estabilidad de los ecosistemas. Para ello se ha propuesto que la mejor alternativa para poder detener el esparcimiento de plagas sea la introducción de la rotación de cultivos y de los policultivos, lo que también otorgaría más nutrientes a la tierra. La Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), propone un

⁸⁹ *Vid*, Elena R. Álvarez-Buylla, Alma Piñeyro Nelson, (coords.), *op. cit.*, p. 77.

modelo de manejo integral para las plagas (MIP) el cual, consiste precisamente en la rotación de cultivos y en tratar a las plagas desde el punto de vista de sistemas ecológicos y de poblaciones de las especies, ya que una plaga forma parte de un sistema y como parte de éste posee depredadores:

[...] uno de los objetivos del MIP es modificar o mejorar el ecosistema haciéndolo más favorable para que aumente la mortalidad de las plagas a causa de sus enemigos naturales (y de otros factores naturales de mortalidad) y para que mejoren también las condiciones que favorezcan el desarrollo y la producción de las plantas cultivadas. Las rotaciones de cultivos, el aumento de la diversidad de los cultivos, vedas, disminución de sustancias tóxicas para los agentes de control biológico, y otras acciones más deben encaminarse a la modificación del sistema del cual forman parte la planta y la plaga.⁹⁰

Asimismo, el MIP propone que los plaguicidas deben utilizarse como un último recurso, sólo en casos extremos en donde no se pueda controlar la población de las plagas y generen grandes afectaciones a los cultivos. Este modelo no genera afectaciones en el ambiente, es altamente efectivo, duradero y con beneficios económicos. Los territorios de los pueblos indígenas tienden a manejar el sistema de milpas, que con conocimiento empírico han perfeccionado a lo largo de los años.

El maíz transgénico en México ha generado múltiples alteraciones no sólo en los sistemas agroecológicos, sino también ha generado conflictos socio-económicos y políticos en torno a su uso, a pesar de que en nuestro país todavía no está contemplada la comercialización, ya se han presentado diversas resistencias para evitar la introducción del maíz transgénico para su experimentación: “Las resistencias localizadas pasaron de 18 en 2009 a 80 en 2014. Oaxaca, Guerrero,

⁹⁰ Raquel Alatorre, Hiram Bravo, Jorge Leyva, *et al.*, *Manejo Integrado de Plagas*, [en línea] SAGARPA, Dirección URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf>, [consulta: 11 junio de 2017].

Yucatán, Chiapas, Veracruz y Puebla han visto crecer especialmente el número de resistencias durante los últimos dos años”.⁹¹

De igual modo, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas y Jalisco, representan sitios de especial interés porque es allí donde se han otorgado permisos para la siembra experimental del maíz transgénico. El Mapa 1 nos ayudará a visualizar la capacidad de la producción del maíz en el país, así como la distribución de la misma.

El maíz genéticamente modificado se introdujo por primera vez en México en 2009, cuando el gobierno mexicano otorgó 29 permisos para la siembra experimental en los estados de Chihuahua, Sonora, Tamaulipas y Sinaloa.⁹² Sin embargo, tiempo atrás se había detectado en el país maíz transgénico debido a contaminación horizontal ocasionada por la importación masiva del cereal, de hecho, el país ocupaba el segundo lugar con contaminación transgénica en el continente y el octavo a nivel internacional.⁹³

Dada la capacidad de producción y la diversidad cultural, los estados de Sinaloa y Oaxaca son nichos de conflictos ecológicos en relación al maíz transgénico, de ahí la importancia de su estudio para el tema.

En el caso de Sinaloa, éste es el mayor productor de maíz en el país, de acuerdo con el Mapa 1, su clasificación cuantil es de las más altas en casi todo su territorio (8.22-9.31), la mayor parte de su producción es de riego y no tanto de temporal por lo que su producción y rendimiento es de los más altos en el país.

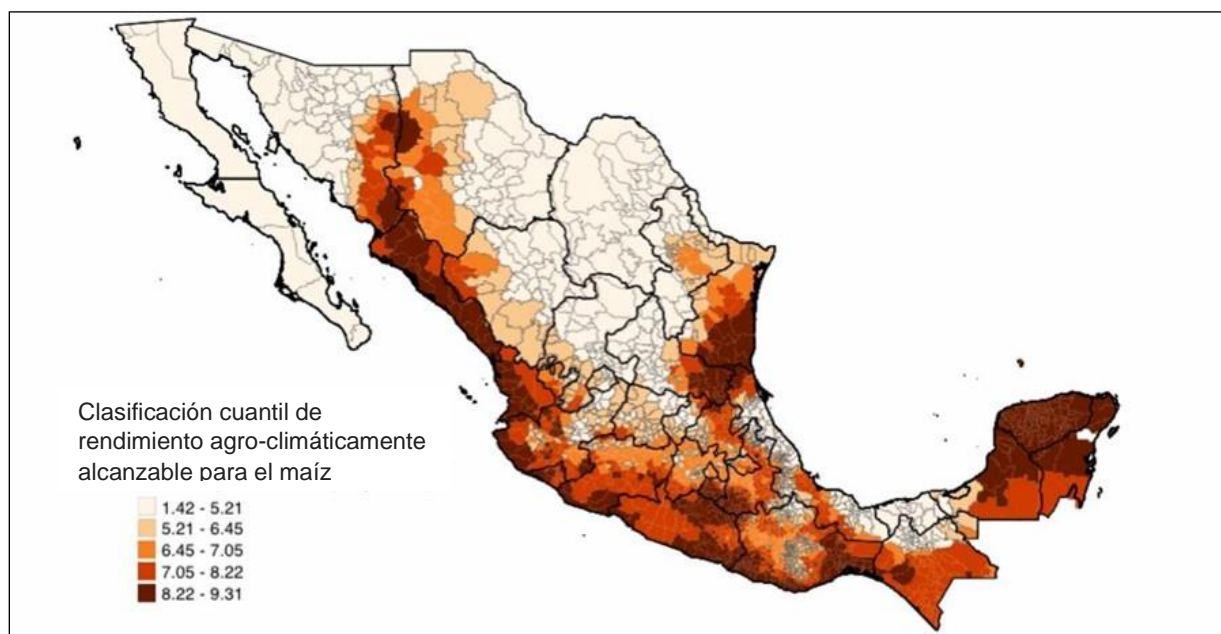
⁹¹ Víctor M. Toledo, *Ecocidio en México. La batalla final es por la vida*, México, Grijalbo, 2015, p. 96.

⁹² Excélsior, “Siembran maíz transgénico en Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Chihuahua”, [en línea], México, *excelsior.com*, 20 de febrero de 2011, Dirección URL: <https://www.excelsior.com.mx/node/715854>, [consulta: 14 de marzo de 2018].

⁹³ Greenpeace Internacional, “México es el segundo país con más casos de contaminación transgénica en América”, [en línea], *greenpeace.org*, 29 de febrero de 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Noticias/2008/Febrero/mexico-es-el-segundo-pa-s-con/>, [consulta: 26 de octubre de 2017].

Por su parte, Oaxaca representa otro estudio de caso al poseer 35 razas de maíz del país y albergar a 19 de los 65 grupos indígenas.⁹⁴

Mapa 1. Potencial de producción de maíz



Fuente: s/a, *Potencial producción de maíz*, [en línea], Dirección URL: <http://horizontal.mx/wp-content/uploads/2015/12/2.jpeg>, [consulta 11 de junio de 2017].

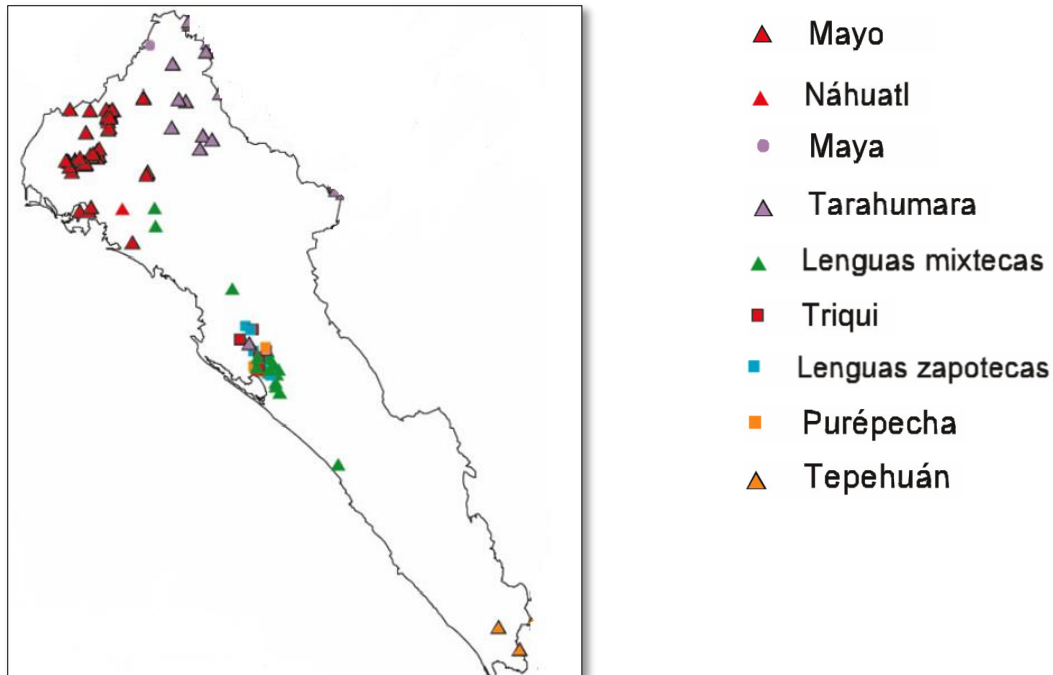
3.1.1. Conflictos ecológicos en Sinaloa

Como se mencionó anteriormente, Sinaloa es el mayor productor de maíz en México, su estudio nos permitirá conocer si el maíz transgénico es una opción para incrementar su productividad y conocer los conflictos ecológicos que se han suscitado en el estado derivado de la intención de introducir maíz transgénico o bien por contaminación horizontal. Además, permitirá conocer las condiciones

⁹⁴ Carlos Solano, *Diagnóstico de la Cadena de Valor Maíz-Tortilla en las Regiones de Oaxaca*, [en línea], Dirección URL: <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/5.%20CV%20MAIZ.pdf>, p. 2. [consulta: 18 de septiembre de 2017].

ambientales bajo las cuales se produce el maíz, así como la diversidad de razas que existen en el lugar.

Mapa 2. Pueblos indígenas de Sinaloa



Fuente: CDI, *Mapa nacional lenguas indígenas*, [en línea], Dirección URL: http://www.cdi.gob.mx/images/mapa_nacional_lenguas_indigenas_cdi.jpg, [consulta: 11 de junio de 2017].

Como se muestra en el Mapa 2, en Sinaloa hay nueve grupos indígenas importantes a saber: Mayo, Náhuatl, Maya, Tarahumara, comunidades de lenguas Mixtecas y Zapotecas, Triqui, Purépecha y Tepehuán. De igual manera, en Sinaloa hay nueve razas nativas: tabloncillo, tabloncillo perla, tuxpeño, blando de Sonora, onaveño, vandeño, reventador y jala. Una de las mayores afectaciones a estos maíces, es el gusano cogollero. La mayor parte de la producción de maíz en el estado se debe al cultivo de riego, pues el cultivo de temporal se ha visto reducido, como consecuencia del potencial de la productividad y la introducción de tecnología en el campo del estado.

El riesgo de la pérdida de los maíces nativos no sólo responde a la introducción del maíz genéticamente modificado, sino que también es parte del cambio climático, la migración, la sustitución de cultivos, el cambio en el uso del suelo, etc.

En el caso de Sinaloa, organizaciones y grupos comenzaron a movilizarse con el fin de impedir la siembra experimental y su probable y posterior comercialización, tal es el caso de Alianza Ambientalista Sinaloense, Greenpeace, Coduc, Cega y el Movimiento Agrícola Sinaloense. Entre sus demandas exigen hacer valer el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, ratificado por México en 2002 y que entró en vigor un año después. El Protocolo se centra de manera particular en el movimiento transfronterizo y utilización de los Organismos Genéticamente Modificados. Asimismo, se desprende de la Convención sobre Diversidad Biológica de Río de 1992 y retoma el principio precautorio. El Protocolo de Cartagena reconoce que la biotecnología es una herramienta para “satisfacer necesidades críticas de alimentación, agricultura y cuidados sanitarios”,⁹⁵ del mismo modo, el Protocolo tiene por objeto “proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles efectos adversos de los productos de la moderna biotecnología”.⁹⁶

De igual manera, los movimientos de Sinaloa se levantan contra la ley de Bioseguridad, conocida como ley Monsanto. La ley, aprobada en 2005, tiene muestras vagas del principio de precaución y las consultas públicas de comunidades y grupos de campesinos. En cambio, de forma más explícita abre espacio para que las empresas transnacionales puedan entrar al mercado mexicano y otorga garantías a sus patentes.⁹⁷

⁹⁵ Protocolo de Cartagena, p. 1.

⁹⁶ *Idem.*

⁹⁷ *Vid,* Silvia Ribeiro, “Ley Monsanto: parece mala pero es peor”, [en línea], México, *jornada.unam.mx*, 22 de enero de 2005, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2005/01/22/023a2pol.php>, [consulta: 17 de julio de 2017].

Los movimientos en Sinaloa utilizan como referencia en sus afrentas contra las transnacionales el principio precautorio del Protocolo de Cartagena y el hecho de que México es el país de origen y domesticación del maíz. De acuerdo con el principio precautorio, argumentan que, pese a no haber una certeza científica de los daños del maíz genéticamente modificado en salud, alimentación y medio ambiente, se puede prohibir su siembra comercial y/o experimental de haber algún riesgo.

La ley de bioseguridad establece que no se podrá sembrar maíz transgénico en las regiones que sean consideradas como zonas de origen y domesticación del maíz con el fin de preservar la biodiversidad del país. Sin embargo, hasta la fecha no se han conocido todas las razas de maíz que hay en México, ni se han determinado todas las zonas de origen. Las razas que se han encontrado hasta ahora van de norte a sur y de este a oeste, por lo que la mayor parte del país se considera como zona de origen y domesticación. Además, no hay que olvidar que existe la contaminación genética de forma horizontal, por lo que quizás se podría sembrar maíz transgénico en una región, pero se podrían ver afectadas regiones de origen para el maíz. Por otra parte, la ley establece que para la siembra de comercial de transgénicos es importante pasar primero por una fase experimental.

Roberto Félix Menchaca, ingeniero agrícola y productor en Guamúchil, Sinaloa, asegura que el maíz transgénico es una herramienta necesaria para la producción maicera a nivel nacional y para competir fuertemente a nivel internacional, sobre todo con los mercados de Estados Unidos, Brasil y Argentina. De acuerdo con Félix Menchaca, estos tres países envían a México entre 5 y 10 millones de toneladas de maíz transgénico anuales, lo que resulta incongruente al impedir la siembra del maíz genéticamente modificado y, al mismo tiempo, permitir su adquisición y su posterior consumo. Esta situación pone en desventaja a los productores nacionales. La introducción de transgénicos en la producción, permitiría bajar costos e incrementar la producción y la competitividad. Menchaca asegura que para evitar la plaga del gusano cogollero tiene que realizar cinco aplicaciones de pesticidas, en donde cada aplicación tiene un precio de entre \$500 y \$600 de pesos mexicanos por hectárea.

El costo aproximado de producción por hectárea es aproximadamente de \$25,000 sin considerar los costos de la renta.⁹⁸ De contar con la siembra comercial de maíz transgénico, se reducirían aproximadamente \$3,000 en aplicaciones de agroquímicos y aunque incrementaría el precio de las semillas \$1,000 se tendría un costo aproximado total de \$23,000 por hectárea con un 20% más de producción.⁹⁹

Asimismo, Félix Menchaca aconseja que la introducción del maíz transgénico se permita en la parte norte del país, incluyendo Sinaloa, esto con el objetivo de hacer prevalecer las regiones de origen del maíz. Lo anterior se plantea de esa manera, porque cuando el polen viaja por el aire logra perderse en 200 metros, entonces no habría ninguna contaminación genética horizontal de la siembra transgénica al resto del país.

La Alianza Protransgénicos y Agrobio México,¹⁰⁰ son organizaciones a favor de la siembra de los cultivos transgénicos para su comercialización. Estas argumentan que debido a que México importa maíz proveniente de Brasil y Argentina y como estos países son grandes productores de transgénicos, el gobierno mexicano debe comprometerse a eliminar las trabas existentes para la siembra del maíz transgénico, asegurando que en el norte del país hay más de 5,000 productores listos para hacer uso de esta tecnología.¹⁰¹

⁹⁸ En Sinaloa y en gran parte del país, existen distintos tipos de tenencia de la tierra para la producción de cultivos, están las grandes extensiones de tierra propias que regularmente pertenecen los grandes productores, las pequeñas tierras que pertenecen a campesinos y pequeños productores que dedican sus cultivos principalmente a la subsistencia y quienes poseen tierras pero también rentan más espacios para poder cultivar.

⁹⁹ Vid, Orlando Samaniego, "Félix: el maíz transgénico es una herramienta necesaria", [en línea], México, *debate.com.mx*, 26 de julio de 2015, Dirección URL: <https://www.debate.com.mx/mazatlan/Felix-El-maiz-transgenico-es-una-herramienta-necesaria-20150726-0024.html>, [consulta: 13 de julio de 2017].

¹⁰⁰ Entre los miembros de la Alianza Protransgénicos se encuentran Asociaciones de ganaderos locales, Dow AgroSciences, Monsanto, y DuPont-Pioneer. Por su parte, en el grupo Agrobio internacional está conformado por Bayer Crop Science, Dow AgroSciences, Monsanto, DuPont-Pioneer y Syngenta.

¹⁰¹ María del Pilar Martínez, "Maíz transgénico daría mayor soberanía", [en línea], México, *eleconomista.com.mx*, 21 de marzo de 2017, Dirección URL:

Pese a esta situación en México se permite la siembra experimental, la cual no debe de exceder las 100 has., sin embargo, aunque sean 100 has. estas se sitúan en diferentes partes del país y contaminan otros cultivos, además al país entra maíz transgénico por la importación y llega al consumidor final sin haber sido etiquetado.

Es relevante resaltar que:

El maíz es un cultivo de polinización cruzada [...]. Cuando el maíz se reproduce el polen de una planta fecunda a las plantas vecinas y todas las plantas de un campo de maíz serán diferentes de la generación precedente y entre ellas. Bajo condiciones favorables el polen puede trasladarse grandes distancias y ser efectiva su fertilidad. El maíz transgénico inevitablemente contaminará al maíz nativo ya que su coexistencia es biológicamente imposible.¹⁰²

Los conflictos ecológicos en Sinaloa dejan claro que el campo nunca ha sido una prioridad dentro de la política económica ni social del país, pese a que podría tener un gran potencial si se generaran políticas con un enfoque más sustentable, que garantice el uso correcto de los recursos, permitiendo la conservación de la diversidad biológica y asegurando la producción futura.

En ese sentido, la demanda de los productores y de las empresas es por la falta de protección, inversión e interés del gobierno mexicano frente al mercado extranjero.

Los movimientos contra la entrada y siembra de maíz transgénico han pasado de lo local a nivel nacional. Organizaciones no gubernamentales, asociaciones de campesinos, grupos indígenas y científicos se han unido para hacer campañas en contra de las empresas transnacionales que pretenden introducir (y así lo hacen) los paquetes tecnológicos en relación al maíz transgénico y otros cereales. De

<http://eleconomista.com.mx/industrias/2017/03/21/maiz-transgenico-daria-mayor-soberania>, [consulta: 14 de mayo de 2017].

¹⁰² Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, *México: una década de resistencia social contra el maíz transgénico*, 2011, p. 11. En: CIMMYT, "Assessing the Benefits of International Maize Breeding Research: An Overview of the Global Maize Impacts Study", *World Maize Facts and Trends*, CYMMIT, 2000, p. 26.

hecho, los movimientos en Sinaloa se relacionan y se fusionan con los conflictos ecológicos en otros estados del país, como a los de Oaxaca, por ejemplo. El objetivo de esto es crear un movimiento de carácter y fuerza nacional cuyo fin es el de consolidar propuestas y crear un frente ante las políticas de la introducción del maíz genéticamente modificado.

3.1.2. Conflictos ecológicos en Oaxaca

Oaxaca es un estado de México que se distingue por su diversidad cultural, así como también por su pobreza. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2015, había en el país 494 municipios donde más del 40% de sus habitantes son hablantes de lengua indígena, de estos, 245 municipios se encontraban en Oaxaca en donde se hablan más de 150 lenguas (INALI).¹⁰³ Asimismo, de acuerdo con el CONEVAL el 70.4% de la población en Oaxaca se encontraba en situación de pobreza en 2016.¹⁰⁴ A diferencia de Sinaloa, el nivel de pobreza en 2016 fue de 30.8%, una cifra para nada desdeñable pero un poco más alentadora, ya que no sólo es menor en comparación con Oaxaca, sino que disminuyó 8.6% respecto a 2014.¹⁰⁵

La diversidad cultural significa diversidad en la idiosincrasia, un modo de vivir, de relacionarse y desarrollarse en un entorno (medio ambiente). De la misma manera, los grupos indígenas representan un cuidado a la naturaleza, tal vez no exista un uso racional o adecuado de los recursos naturales en todos los casos (situación que se debe a la necesidad y falta de oportunidades económicas y políticas), pero al ser los pueblos indígenas los dueños por herencia cultural de gran parte de la diversidad

¹⁰³ INEGI, *Estadísticas a propósito del... día internacional de los pueblos indígenas (9 de agosto)*, 5 de agosto de 2016, Dirección URL: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/indigenas2016_0.pdf, [consulta: 14 de junio de 2017].

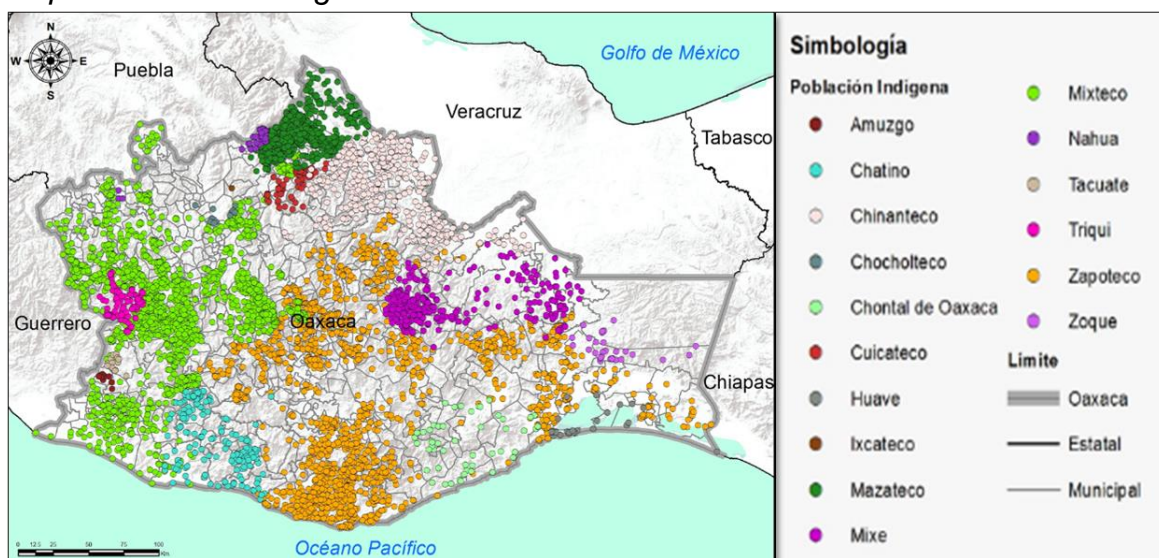
¹⁰⁴ CONEVAL, *Pobreza en México*, [en línea], 2016, Dirección URL: http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2016.aspx, [consulta: 30 de octubre de 2017].

¹⁰⁵ *Idem*, [consulta: 31 de octubre de 2017].

en México y en el mundo, debería existir un reconocimiento ante la importancia de su papel en el cuidado y preservación del entorno.

En el siguiente mapa se muestran los 16 grupos indígenas que conforman al estado de Oaxaca, entre los que destacan los Zapotecos, Mixtecos, Chinantecos y Mazatecos, así como su distribución geográfica a lo largo y ancho del estado de Oaxaca.

Mapa 3. Pueblos indígenas de Oaxaca



Fuente: CDI, *Atlas de los Pueblos Indígenas de México*, [en línea], Dirección URL: http://www.cdi.gob.mx/atlas2015/?page_id=7225, [consulta: 16 de junio de 2017].

La diversidad cultural y en específico la diferenciación de las culturas con la occidental, es sinónimo de pobreza, y siendo esta la carencia de recursos económicos, falta de seguridad social y de servicios de salud, también significa un obstáculo de participación y representación política, un espacio de discriminación y nicho de conflicto, tema abordado más adelante en los conflictos ecológicos en el estado del estado.

Pese a lo anterior, vale la pena mencionar que la diversidad cultural en Oaxaca coevoluciona con dicha diversidad biológica.¹⁰⁶ En el estado, se presentan 35 diferentes razas de maíz, esto es más del 50% de la diversidad del maíz en el país y en donde 90% son variedades nativas y el 10% pertenece a variedades mejoradas.¹⁰⁷ Cabe destacar que el maíz en Oaxaca se siembra en diferentes microclimas desde el nivel del mar hasta las zonas más altas. De hecho, en Guilá Naquitz, Oaxaca, se han encontrado los indicios de siembra de maíz más antiguos en 4500 a.C. Así pues, este estado es un lugar de origen y domesticación del maíz.

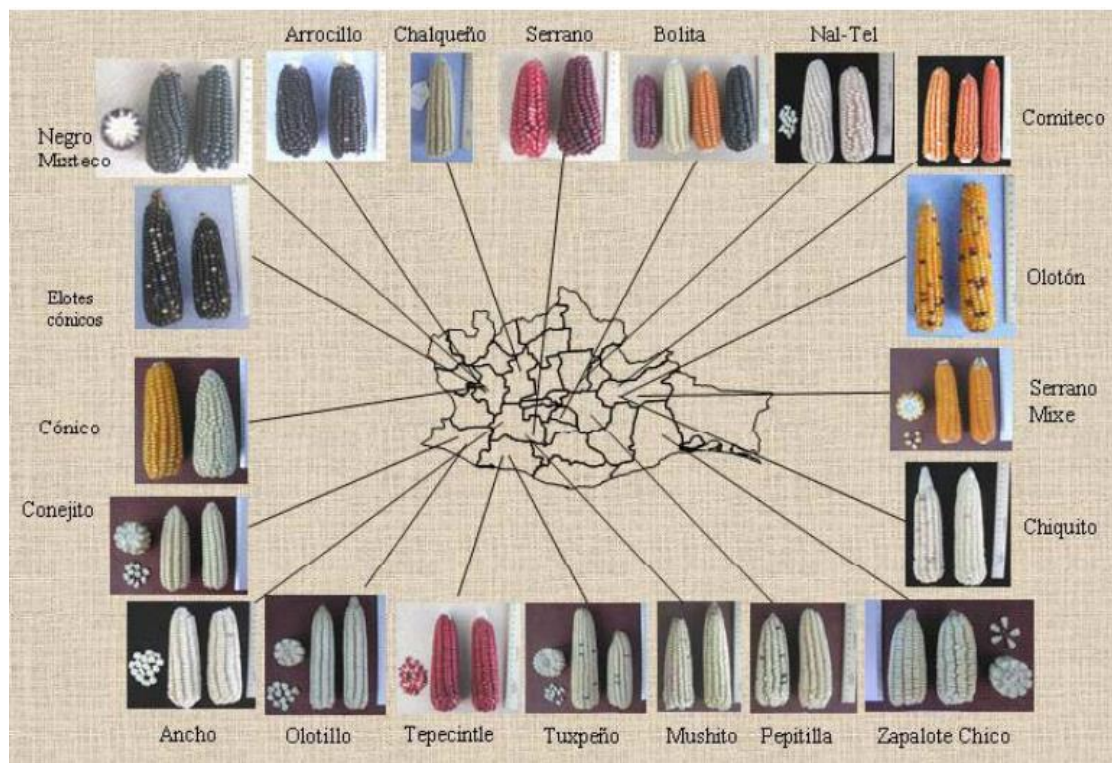
En el Mapa 4 se aprecian las principales razas de maíz y su ubicación geográfica dentro del estado de Oaxaca. De las razas de maíces destacan el Zapalote Chico en el Istmo de Tehuantepec que es el que mejor se adapta a la región ante sequías y vientos fuertes, ocupa una superficie alrededor de 70,000 has. y es tolerante al gusano cogollero. Por su parte, el Tepecintle se produce principalmente en la costa, el Istmo y Papaloapan, se siembran y se cosechan desde los 90 hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm). El maíz Conejito también sembrado en Jimaltepec es, para muchos, una opción cuando se requiere de cosechas rápidas para el autoconsumo o para cuando la cosecha se retrasa, ya que empieza a producir granos en periodos cortos (44-50 días de floración). El maíz Bolita se distribuye en los valles centrales de Oaxaca, las plantas de corte bajo (alrededor de 1 metro) con una amplia variación de colores y gran tolerancia a sequías. El maíz Arrocillo es una raza indígena que se adapta en las partes altas de la Sierra de Oaxaca muy utilizada para producir tortillas. El maíz Tuxpeño es uno de los más productivos y utilizados en el mejoramiento genético a nivel internacional, se

¹⁰⁶ “Los pueblos indígenas han coevolucionado con los ecosistemas, seleccionando algunos rasgos de plantas o animales y desechando otros, de manera que se construye así la biocultura de las gentes de los ecosistemas”. Fuente: Eckart Boege, *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2008, p. 23. Por “biocultura” el autor entiende el uso de la naturaleza según los patrones culturales y por “gente de ecosistemas” se refiere a aquellas sociedades que están en contacto directo con los ecosistemas y que se consideran parte de los mismos. *Idem*.

¹⁰⁷ Carlos Solano, *op. cit.*

distribuye principalmente en la Costa del estado y en Papaloapan, es resistente a plagas y muy nutritivo. El negro Mixteco es una de las razas más recientes que hay y se localiza en Chalcatongo, Hidalgo, en la región Mixteca en zonas sobre los 2,400 msnm, su característica principal es su color negro.¹⁰⁸ Por tradición y extensión de hectáreas cultivadas, éstas son las razas más importantes en el estado.

Mapa 4. Principales razas de maíz en Oaxaca



Fuente: Flavio Aragón Cuevas, *Maíces nativos de Oaxaca*, Inifap-SAGARPA, 6 de septiembre de 2011, Dirección URL: http://conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/redes/redmexogm/eventos/foros/Autoridades/5-INIFAP_MAICES%20CRIOLLOS%20OAXACA.pdf, [consulta: 14 de agosto de 2017].

Si bien Oaxaca no es uno de los mayores productores de maíz en el país, vale la pena presentar su caso, pues poca o mucha producción, esta es llevada a cabo por grupos indígenas, quienes entienden y se asumen en su entorno de diversas

¹⁰⁸ INIFAP, *Razas de maíz en Oaxaca*, [video en línea], 13 de enero de 2011, INIFAP, Dirección URL: <https://www.youtube.com/watch?v=34IXQQKJn5o>, [consulta: 3 de noviembre de 2017].

maneras y conservan hasta nuestros días técnicas tradicionales de cultivo para una producción de subsistencia y una forma de respeto hacia la naturaleza. Existe una clara diferencia entre el estado de Sinaloa y Oaxaca, mientras que en el primero hay nueve razas nativas de maíz y nueve diferentes grupos indígenas, en Oaxaca hay 16 grupos indígenas y 35 diferentes razas.

Debido a la estructura social y a la importancia que adquieren los grupos, el estado de Oaxaca se convierte en un caso particular que complejiza la problemática de la introducción de maíces transgénicos. Aquí, la valorización de la naturaleza es diferente a la de una persona que no pertenece a un pueblo indígena, pero no por ello es menos o más importante a una valoración económica de la misma. La idiosincrasia, los usos y costumbres son diferentes, y esto nos obliga a buscar una manera diferente de entender el problema: “La superación de la subordinación del valor de uso al valor es un paso necesario para recuperar el control colectivo de la reproducción social y re-creación de múltiples identidades culturales”.¹⁰⁹

Para lo anterior, es necesario considerar los grupos y roles en la cadena de valor del maíz en aquella entidad. En ese sentido, el estudio Diagnóstico de la Cadena de Valor Maíz-Tortilla en las Regiones de Oaxaca de Carlos Solano, explica de manera concreta las características de la producción de este cereal en el estado. Entre otras cosas, el estudio revela que la demanda del maíz en el estado realmente nunca se ha llegado a satisfacer al 100% derivado del cambio climático, la disminución en las tierras cultivadas, la globalización del mercado e importación del maíz en México y por supuesto, a la falta de incentivos al campo por parte del gobierno en sus tres niveles (local, estatal y federal).

La demanda de maíz de la población oaxaqueña es de 771,500 toneladas (t) al año y la producción promedio anual es de 594 mil t, por lo que existe un déficit anual de 177 mil t.

¹⁰⁹ Lev Jardón, “Más allá del pensamiento tipológico y la cosificación: las variedades locales de cultivos como proceso biosocial”, *INTERdisciplina*, vol. 4, núm. 9, “Dossier” UNAM-CEIICH, mayo-agosto 2016, p. 33.

[...] En el comportamiento de la producción de maíz en el periodo 2005 al 2014, se observa que en el año 2013, se manifiesta la producción más baja (525 mil toneladas) y la más alta para en el 2007 (casi 767 mil t).¹¹⁰

Asimismo, el costo de producción y la ganancia de la misma se ven afectados por las mismas razones: “El año con el mayor valor de la producción fue 2012, con 3,223 millones de pesos, y el más bajo fue 2006, con 1,730 millones de pesos. El valor de la producción muestra un incremento entre 2009 y 2012, para luego presentar una tendencia a la baja hacia 2014”.¹¹¹

Oaxaca no ocupa los primeros lugares en la producción del maíz a nivel nacional (como Sinaloa, Jalisco y Michoacán),¹¹² pero si es uno de los principales estados, en donde la producción está dedicada al autoconsumo junto con los estados de Chiapas, Guerrero, Yucatán y Puebla.¹¹³

La forma de cultivar maíz en Oaxaca,¹¹⁴ especialmente en la zona mixe es la milpa, en donde no sólo se cultiva maíz, sino también calabaza y frijol, aguacate, chilacayote, haba, papa e incluso café, durazno, naranja, plátano y limón. Las tierras son cultivadas por varios años y después pasan al barbecho, esto es, dejan descansar la tierra y siembran en otra parte. Estas técnicas tradicionales son propias de las comunidades indígenas poseedoras de tierras. Por ello, la milpa es parte esencial en la producción campesina en donde en una parcela se pueden

¹¹⁰ Carlos Solano, *op. cit.*, pp. 2-3.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 4.

¹¹² John Deere, *Varietades, calidad, exportaciones, producción y consumo nacional de maíz mexicano*, [en línea], Dirección URL: <https://www.deere.com.mx/es/nuestra-compa%C3%B1a/medios-y-noticias/nuestras-novedades/2016/junio/consumomaiz-mexicano.html>, [consulta: 14 de diciembre de 2017].

¹¹³ SAGARPA, *Agricultura de autoconsumo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/oaxaca/Paginas/Autoconsumo2013.aspx>, [consulta: 14 de diciembre de 2017].

¹¹⁴ La milpa resulta ser una práctica común en Oaxaca y no en Sinaloa como resultado de la diversidad cultural y estructura social que existe en Oaxaca, pues en Sinaloa es una producción más industrial, como se mencionó anteriormente.

encontrar diferentes variedades de maíz y otros alimentos, nutriendo a la tierra y haciendo más resistentes a los cultivos.

Dicho proceso de producción y consumo del maíz, nos habla también de una estructura social, lazos de comunidades que no son determinantes, pero que sí se estrechan al compartir el conocimiento, mismas que se pueden ver perjudicadas a la hora de adquirir maíces transgénicos, ya que se paga por ellos cantidades más significativas y se involucran nuevos actores como las empresas y los intereses sobre las tierras y producción se transforman.

La primera vez que se presentó un caso de contaminación de maíz transgénico en el país fue en el estado de Oaxaca, fue un descubrimiento accidental en la Sierra Norte de Oaxaca que conllevó a la generación de diversas hipótesis sobre cómo pudo haber ocurrido la contaminación, debido a que en el país no se sembraba maíz para su comercialización ni para la siembra experimental. Pudo haber sido por una mala supervisión en algún programa gubernamental o por la introducción del maíz transgénico a través del maíz importado. La razón no se sabe, pero es importante la evaluación de la contaminación horizontal y conocer los alcances de esta, para tener un mejor control en una región tan compleja (por su diversidad) como lo es Oaxaca.

La percepción en el estado de Oaxaca es importante porque no necesariamente se puede tener una perspectiva negativa por parte de los productores al asociar el maíz transgénico con modernización y apoyo a la agricultura. Esto resulta aceptable en primera instancia, pero el problema es cuando se profundiza y analiza en el tema, cuando se perciben las ventajas y desventajas no sólo en términos de productividad sino también en relación a los efectos en la tierra, la cultura, la alimentación y la diversidad biológica. Aquí es cuando se llega a una complejidad que no se ha logrado entender del todo.

Al respecto, existe un estudio de 2008 sobre la percepción del maíz transgénico en Oaxaca por parte de Lazos Chavero, investigadora de la UNAM, en donde se destaca la variación de percepciones en torno al maíz transgénico de región en región. Así como también, se muestra la diferencia en la información que se maneja en cada una de ellas. Asimismo, se menciona que, si bien el maíz transgénico es un problema para el estado y para las comunidades en Oaxaca, éste no es el mayor de sus males, ya que por encima de esto se encuentran otras preocupaciones como la inseguridad y el narcotráfico.

En el estudio se identifica que en donde existe una mayor información es en la Sierra Norte al ser el primer lugar en donde se encontró maíz transgénico. Sin embargo, el tipo de información que prevalece en cualquier lugar de Oaxaca es el que proviene de fuentes privadas, al ser estos los que poseen mejores mecanismos y mayor alcance para esparcir la información. Por ello, muchos productores consideran que el medio más confiable para recibir información al respecto es la radio, la cual ha presentado tanto las ventajas como los inconvenientes del maíz genéticamente mejorado.

La percepción del maíz transgénico en el estado resulta negativa al considerarlo como un factor de pérdida de la biodiversidad y de la identidad indígena, muy relacionada con el maíz criollo y la milpa. Aunado a ello, existe un temor de depender de determinadas empresas para la producción de alimentos tan básicos.¹¹⁵

En Oaxaca se busca generar información por parte de las comunidades y asociaciones para promover el conocimiento en relación al maíz transgénico. Así, el Patronato para la Defensa y Conservación del Patrimonio Cultural y Natural de Oaxaca, A.C. (ProOax) junto con la Unión de Científicos Comprometidos con la

¹¹⁵ Abraham García Jiménez, Alejandra Toscana Aparicio, "Presencia de maíz transgénico en la Sierra Norte de Oaxaca. Un estudio desde la mirada de las comunidades", *Sociedad y Ambiente*, núm. 12, México, noviembre, 2016, p. 138.

Sociedad (UCCS), han producido material de difusión de investigaciones en el tema, en donde si bien reconocen que no hay manera de conocer algunos de sus beneficios o perjuicios del maíz transgénico (pues tendrían que dejar pasar varios años), han demostrado que la incertidumbre es más que suficiente para detener la entrada de este tipo de maíces y su siembra experimental. De igual manera, señalan que aspectos sociales, de identidad cultural y de biodiversidad estarían en peligro con la siembra del maíz genéticamente modificado.

Como se mencionó anteriormente, los conflictos rebasan los límites físicos de las comunidades y de los estados. Son numerosas organizaciones las que se unen a un movimiento en contra del maíz transgénico, se agrupan movimientos para poder demandar y exigir que se respete el derecho a la diversidad cultural y biológica. Los movimientos generan oposición frente a las decisiones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) al permitir que empresas como Monsanto, Pioneer, DuPont, Dow y Syngenta tengan incluso más derechos y más participación política que las comunidades y pueblos indígenas.

Las organizaciones más importantes que lideran los movimientos en contra del maíz transgénico son la Red en Defensa del Maíz, la Vía Campesina, Grain, ETC group, el Patronato para la Defensa y Conservación del Patrimonio Cultural y Natural de Oaxaca, A.C. (ProOax), la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS) y Greenpeace. Generalmente llevan a cabo campañas de información y comunicación, generan análisis y estudios acerca de los peligros del maíz genéticamente modificado y plantean alternativas a la producción actual, retomando como base las prácticas ancestrales tradicionales, ya que representan formas más económicas, vinculadas a la diversidad cultural y un aprovechamiento apropiado del entorno.¹¹⁶

¹¹⁶ Es importante resaltar que uno de los argumentos utilizados para la introducción de maíz transgénico es la falta de productividad e ineficiencia de las prácticas tradicionales. Sin embargo, la ineficiencia de la producción y porqué los sistemas agrícolas son causa de la deforestación, son el resultado de políticas agrarias y sociales asistencialistas que no coadyuvan en nada el estado de

En 2005 la aprobación de la Ley de Bioseguridad ya había generado revuelo entre diversos grupos al declarar que la Ley de Bioseguridad era el mecanismo que legitimaba y apremiaba la implementación de semillas transgénicas en el país, de hecho, muchos grupos le pusieron el sobrenombre de Ley Monsanto haciendo hincapié en los intereses y derechos preservados de Monsanto por encima de los campesinos y productores.

Previo a la aprobación de la Ley de Bioseguridad, en abril de 2002 (un año después del descubrimiento de maíz transgénico en la Sierra Norte de Oaxaca) la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)¹¹⁷ desarrolló un estudio en atención a peticiones por parte de 21 comunidades de Oaxaca y del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), Greenpeace México y la Unión de Grupos Ambientalistas (Ugam). El estudio tenía como objetivo estudiar los efectos de la intromisión de maíz transgénico con el maíz criollo en el país. Debido al contexto de las negociaciones y las revisiones de la Ley de Bioseguridad, el estudio fue bloqueado en un principio por los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México, pese a ello, la investigación logró publicarse. Los resultados de la investigación arrojaron las siguientes conclusiones:¹¹⁸

1. Existe (y fue demostrado experimental y teóricamente) el flujo génico y el maíz transgénico puede entrar al país a través de diferentes vías como las

bienestar de las zonas rurales (indígenas o no indígenas) y que, aunados a diversos factores como los cambios en los patrones del clima, la inseguridad, la carencia y la falta de oportunidades, derivan en la mezcla perfecta para crear focos rojos y orillan a determinados sectores de la sociedad, como lo es el rural, a buscar alternativas no deseables que benefician de forma inmediata sin importar los efectos a futuro.

¹¹⁷ Organismo trilateral que forma parte de los acuerdos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente resultado del intercambio comercial de los tres países. *Vid*, Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), Dirección URL: <http://www.cec.org/es>

¹¹⁸ *Vid*, CCA, *Maíz y biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México*, [en línea], 2004, Dirección URL: http://www.era-mx.org/biblio/Maize-and-Biodiversity_es.pdf, [consulta: 12 de enero de 2018]

importaciones de grano o por los trabajadores migratorios que regresan de Estados Unidos. Estas circunstancias propician el flujo génico.

2. En materia de biodiversidad, se reconoce que la diversidad del maíz en México se mantiene gracias a las comunidades rurales locales e indígenas. El maíz transgénico no ha registrado efectos adversos o positivos en la diversidad de la milpa, sin embargo, es necesario seguir haciendo análisis al respecto.
3. Concerniente a la salud, no identifican consecuencias negativas ni positivas en los procesos de producción de maíz transgénico, sin embargo, evaluaciones pertinentes deben hacerse a los productos transgénicos. Aunado a ello, el documento menciona que dada la importancia del maíz para México, debe haber una especial atención al tema y generar investigaciones precisas respecto a los transgénicos más allá de la educación pública.
4. Para los aspectos socioculturales, se reconoce el valor cultural milenario de la siembra de maíz que no poseen en la misma medida Canadá o Estados Unidos. No obstante, las políticas agrícolas y rurales y el incremento de importaciones de maíz de Estados Unidos han conseguido que el país no sea autosuficiente. Además, “no se ha demostrado específicamente que los rasgos de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos de las actuales variedades de maíz GM sean benéficos para los campesinos en México y, en sí, no parecen atender sus necesidades más urgentes”.¹¹⁹ Por ello, se percibe al maíz transgénico como una amenaza directa para la autonomía política, la identidad cultural, la seguridad personal y la biodiversidad.
5. En relación a las instituciones y procesos públicos, el documento dice lo siguiente:

¹¹⁹ *Ibid.*, p. 22.

Así como en las comunidades rurales el nivel de información sobre los fundamentos de la genética vegetal y las tecnologías transgénicas es muy bajo, al interior de las comunidades científica y política la información en torno a las preocupaciones sociales y culturales del medio rural también resulta sumamente reducida. Estas brechas de conocimiento frustran la generación de políticas con una sólida base científica y socialmente aceptables.¹²⁰

El estudio deja claro las necesidades y complejidades de la introducción del maíz transgénico no sólo en el aspecto biológico y ecológico, sino que también pondera valores culturales y sociales propios de la diversidad cultural del país y la importancia e influencia de la economía en el tema y la implementación de políticas o medidas inapropiadas.

La Ley de Bioseguridad, como se mencionó previamente, ha sido cuestionada en diversos aspectos, pareciera más una consecuencia apresurada ante la detección de maíz transgénico en Oaxaca, que una ley consensuada y con bases fundamentadas.

En 2012 el gobierno comenzó a recibir solicitudes de permisos para la siembra de maíz transgénico comercial. Sólo era necesario que la SEMARNAT recibiera el visto bueno de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Instituto Nacional de Ecología (INE, ahora INECC) y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Es importante resaltar que, en Estados Unidos no se regula el etiquetado para los alimentos transgénicos. La *Food and Drug Administration* (FDA) se basa en la equivalencia sustancial, esto es, no existen diferencias materiales o significativas entre los alimentos y los organismos genéticamente modificados, por lo que únicamente hace revisiones para la aprobación de alimentos transgénicos, situación contraria a los medicamentos en donde las regulaciones son más estrictas para los nuevos tratamientos y estos se deben someter a múltiples pruebas para comprobar la funcionalidad y seguridad en

¹²⁰ *Ibid.*, p. 24.

el consumo de estos. El mismo procedimiento fue adoptado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).¹²¹

La organización Grain ha argumentado en varias ocasiones que el gobierno mexicano ha otorgado 156 permisos para el cultivo experimental a Monsanto y Dow, quienes han querido sembrar en un área que equivaldría a 21 km².

Esta situación ocasionó que la gente se movilizara y desaprobara la siembra experimental y comercial del maíz transgénico. Se interpuso un amparo de forma colectiva siendo la Fundación Semillas de Vida y Acción Colectiva algunas de las organizaciones más importantes que participaron en el movimiento. La demanda colectiva se interpuso en contra de SEMARNAT y la SAGARPA, se apelaron por los derechos que estaban siendo transgredidos: el derecho a la biodiversidad, a la alimentación a un medio ambiente sano y al ejercicio de derechos culturales. Del mismo modo, solicitaban la cancelación de todo permiso concedido a las empresas, suspender dichos cultivos y la aplicación del principio precautorio.¹²²

De igual manera y años antes, en 2007, se lanzó la campaña nacional “sin maíz no hay país” que exigía la prohibición del maíz transgénico en el país, se contemplaba el uso de la tierra y la implementación de políticas públicas que impulsaran el desarrollo en el campo, que consideraran a los campesinos y que promoviera la seguridad alimentaria con el fin de evitar la producción de alimentos para su utilización en agrocombustibles. Al respecto, se han formulado diversas manifestaciones, pronunciamientos y publicaciones para promover la difusión de información para con la sociedad, al mismo tiempo que pretendían generar presión frente al gobierno para evitar la siembra experimental y comercial del maíz. Este movimiento ha sido impulsado por el Consejo Nacional de Organizaciones Campesinas (CONOC) que agrupa a ocho organizaciones, la Coordinadora

¹²¹ Alfredo Narvárez Lozano, “La batalla por el maíz”, [en línea], *nexos.com.mx*, marzo 2015, Dirección URL: <https://www.nexos.com.mx/?p=24286>, [consulta: 12 de enero de 2018].

¹²² *Idem*.

Nacional Plan de Ayala (CNPA), El Barzón - Alianza Nacional de Productores Agropecuarios y Pesqueros (Barzón-ANPAP), y la Asociación Mexicana por la Autodeterminación de los Pueblos (AMAP).¹²³

Los conflictos ecológicos en el tema no son propios de una comunidad, sino que son propios de colectivos, de una diversidad cultural y biológica, por eso no se centran en determinados lugares. Los argumentos en contra son sólidos, e incluso, la incertidumbre científica resulta ser paradójicamente cierta, de ahí deriva la importancia de impedir la siembra del maíz en su centro de origen.

La decisión y el poder político para generar cambios se hacen de forma colectiva y no es fácil lograr dichos objetivos cuando se disputa con un sector privado voraz, ni mucho menos cuando se tienen instituciones políticas endebles con políticas de desarrollo que no funcionan ni protegen los derechos de los sectores más vulnerables y a la vez más importantes de la sociedad como lo es el campesinado mexicano.

El debate de los transgénicos tiene que girar en torno a la seguridad alimentaria y a los riesgos económicos que éstos representan, pues no basta con las implicaciones de los transgénicos en el medio ambiente para que el debate sea ganado por parte de comunidades indígenas y ambientalistas y para que éste sea retirado del país. Del mismo modo, la soberanía alimentaria es relevante para lograr entender el desarrollo de la bioculturalidad de comunidades campesinas e indígenas. Los conflictos ecológicos en Sinaloa y Oaxaca son una demostración de las implicaciones sociales, políticas y ambientales de la introducción del maíz transgénico en escenarios rurales cuyas características y formas no son comprendidas ni aceptadas por grupos de interés que pretenden influenciar a las mismas, abriendo espacio a una lucha incesante entre oprimidos y dominantes.

¹²³ Vid, Sin maíz no hay país, Dirección URL: <http://sinmaiznohaypais.org/Documentos/Carpeta%20Sin%20maiz%20no%20hay%20pais%20Esp%202.pdf>, [consulta: 13 de noviembre de 2017].

A continuación, se estudiarán las implicaciones ambientales del maíz genéticamente modificado en el metabolismo social rural y en las fronteras ecológicas con el objetivo de demostrar lo innecesario que resulta ser el maíz transgénico, por lo menos, para México.

3.2. Los cambios en el metabolismo social frente al maíz transgénico

En la actualidad hay una presión constante en relación a la producción alimentaria al “existir” una escasez en la producción de los alimentos. Queda claro que no ocurre tal cosa, sino que más bien lo que hay es una mala distribución de los alimentos, además de que la calidad de muchos de ellos no resulta adecuada para la salud humana. De acuerdo con perspectivas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la FAO, “la producción mundial de etanol debería pasar de 120 Mml en 2016 a 137 Mml en 2026 [...]. Para 2026, se estima que 55% de la producción mundial de etanol esté basada en maíz”.¹²⁴ Además, sus análisis indican que “Se prevé que el uso de maíz para forraje se eleve a 121 Mt, con lo que su porcentaje general del uso total subirá de 56% durante el periodo base a 60% en 2026 [...] [mientras que] se proyecta que el maíz para consumo humano crezca 19% (24 Mt).¹²⁵

En el caso de la producción para el pienso, si se analiza la producción animal para el consumo humano, se puede observar que la población, en especial la de países desarrollados, consume alrededor de 80 kg de carne anuales per cápita, en comparación con los países en desarrollo que consumen 13 kg per cápita aproximadamente al año. Estados Unidos es el mayor consumidor de carne con 119.4 kg por persona al año, mientras que México actualmente tiene un consumo

¹²⁴ OCDE, FAO, *Perspectivas agrícolas 2017-2026*, [en línea], Paris, Éditions OCDE, 2017, p. 132, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i7465s.pdf>, [consulta 14 de julio de 2018].

¹²⁵ *Ibid.*, p. 112.

de 63 kg.¹²⁶ Por lo que, si pensamos en una seria reducción en la alimentación cárnica en la población mundial, los cereales como el maíz, trigo, arroz serían más que suficientes para satisfacer la demanda mundial aún y con el incipiente crecimiento poblacional.

También, el campo es uno de los sectores con mayor presión para desarrollarse porque debe generar ganancias en un corto tiempo. Bajo este contexto, en México el campo se encuentra en disputa constante entre la modernización y la preservación de lo tradicional de un esquema que rebasa y va más allá de un producto final como lo es el maíz en sí. Es aquí donde divergen dos posiciones ideológicas, políticas, sociales y culturales con objetivos e ideales diferentes en donde por una parte buscan ser modernizados y modificados para la inclusión a un mundo capitalizado y por otra, buscan solamente ser reconocidos como diferentes, respetados como diferentes, no marginalizados, no cuestionados, no infravalorados ni mucho menos descalificados.

De la misma manera, el campo se ve amenazado por un crecimiento rápido de la mancha urbana misma que se genera sin una planificación adecuada en países en desarrollo. Al mismo tiempo, el sistema rural se ve modificado por la migración ante la falta de oportunidades y políticas públicas dirigidas al campo, todo esto aunado también a las amenazas de los efectos del cambio climático que impactan de forma negativa cada producción ya sea por sequías, inundaciones, vientos, nuevas plagas, etc.

En este contexto pues, se desarrolla el debate del maíz transgénico en México. El principal objetivo en este apartado es demostrar que la introducción del maíz genéticamente modificado, lo único que hace en los sistemas rurales es generar una fractura en el metabolismo y no provee una solución a los problemas antes

¹²⁶ Revistas énfasis, *Consumo cárnico a nivel mundial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/65628-consumo-carnico-nivel-mundial>, [consulta: 21 de enero de 2018].

mencionados, e incluso abre un nuevo esquema dentro de la ciencia que como resultado de las incertidumbres, no sólo en el ámbito científico, sino también en el ámbito de la ética y la racionalidad de la ciencia, se convierte en un factor importante para formar parte de nuevas entidades a ser considerada dentro de las fronteras ecológicas.

Concerniente al metabolismo social, hay que considerar la energía requerida para la producción, la apropiación de la naturaleza y la demanda de la producción y los desechos de la misma (consumo, desperdicio) y entender a dónde se va todo esto, para finalmente, comprender si bajo la producción tradicional o modernizada existe un ritmo apropiado para que la naturaleza pueda asimilar todos los ciclos de la producción del maíz.

Para el estudio del metabolismo social rural es necesario tomar en cuenta la apropiación humana de la producción primaria neta (AHPPN), representada por los flujos de materiales (medidos en toneladas o kg/año) y los flujos de energía (energía solar, eólica, combustibles fósiles, etc.),¹²⁷ así como también el agua virtual, esto es, el agua requerida para la producción del maíz, la cual considera la huella verde, azul y gris.

En la AHPPN, de manera histórica se ha demostrado que las sociedades industriales poseen un metabolismo más rápido al demandar entre 4 y 20 veces más energía y entre 5 y 20 veces más de materia que las sociedades agrícolas.¹²⁸

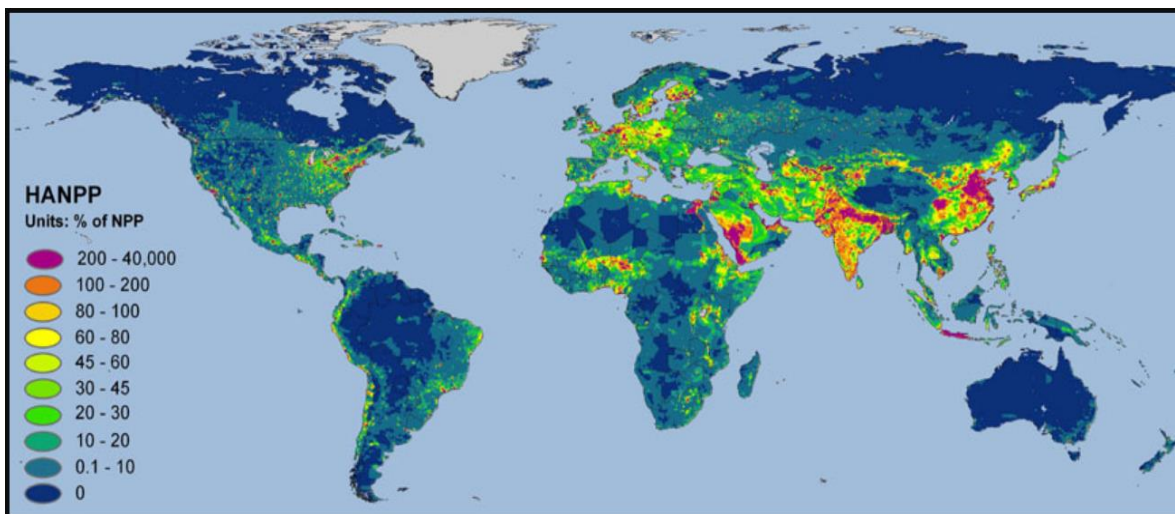
En el Mapa 5 se puede apreciar la AHPPN a nivel mundial. El mapa obedece a un estudio desarrollado por Imhoff y Bounoua, ambos científicos de la National

¹²⁷ Vid, O. Carpintero, "La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico", [en línea], *Ecosistemas*, vol. 16, núm. 3, septiembre 2007, Dirección URL: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/90/87>, p. 27, [consulta: 22 de enero de 2018].

¹²⁸ O. Carpintero, *op. cit.*

Aeronautics and Space Administration – NASA; y Ricketts, investigadora del World Wildlife Fund - WWF, quienes se basaron en la oferta y la demanda y consideraron siete productos (alimentos vegetales, carne, huevo, leche, madera –para construcción y combustible- papel y fibra) en 230 países en 1995. En el caso de México, se puede observar que la AHPPN se encuentra entre el 0.1 hasta el 30%, en el sur se mantiene entre 0.1-10 y el 10-20, por el contrario, en la zona del valle de la Ciudad de México se puede apreciar que la AHPPN llega al rango de 100 y 200% es la única zona del país que el estudio reflejó como la más demandante de recursos.

Mapa 5. AHPPN mundial (1995)



Fuente: Imhoff, M.L., Bounoua, L., Ricketts, T., Loucks, C., Harriss, R. y Lawrence, W.T., 2004, "Global patterns in human consumption of net primary production", *Nature*, núm. 429, pp. 870-873.

O. Carpintero, investigador de la Universidad de Valladolid, señala que el estudio de Imhoff considera la oferta y la demanda de recursos, mas no el origen de estos, por ejemplo, mientras que la zona del valle de la Ciudad de México demanda mayores recursos, no se establece el origen de estos. Esta cuestión viene a completarse en un estudio en 2007 de Haberl, científico de Klagenfurt University (Viena, Austria), en donde sí se considera este esquema y concluye que de acuerdo con el uso de suelo se mide la AHPPN, en el caso de la tierra cultivada, esta contribuye un 49.8%, por otra parte, un 28.5% es para los pastos, los bosques

abarcan un 10.6%, la infraestructura un 3.7%, las tierras vírgenes representan un 0% de la AHPPN y finalmente el 7.3% de la AHPPN se refiere a los fuegos provocados por el ser humano.¹²⁹

Tanto el estudio de Imhoff como el de Haberl nos ayudan a complementar información respecto al AHPPN, por una parte, establecen donde se concentra el mayor consumo, producto de la AHPPN y, por otra parte, el origen de la AHPPN. En ese sentido, se puede deducir que los cultivos son el mayor causante de la AHPPN. La superficie destinada a la producción de cultivos alimentarios entre 1961 y 2009 incrementó un 12%, mientras que la productividad agrícola mundial en el mismo periodo fue entre 150 y 200% mayor.¹³⁰ Esto nos habla del nivel de explotación de la tierra y también de la ineficiencia al destinar únicamente el 12% de la biomasa cosechada a la alimentación humana.¹³¹ Cuando se tiene un gran aumento en la productividad de los cultivos y en las tierras no hay más que una o dos especies cultivadas, se agotan los nutrientes de la tierra y su capacidad para regenerarse, lo que provoca la erosión y lo que a su vez se trata de mermar con químicos industriales para mejorar la producción. Por otra parte, se habla del hambre como un problema mundial consecuencia de la escasez de alimentos, pero no se busca distribuir de mejor manera la provisión de estos ni se procura disminuir el desperdicio de los mismos.

Así pues, la AHPPN, se consume en las ciudades especialmente en la zona metropolitana de la Ciudad de México, pero gran parte de la AHPPN encuentra su origen en las tierras cultivables.

¹²⁹ Helmut Haberl, K. Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Alberte Bondeau, Christoph Plutzer, Simone Gingrich, Wolfgang Lucht y Marina Fischer-Kowalski, *Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems*, [en línea], Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, Dirección URL: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704243104, [consulta: 14 de enero de 2018].

¹³⁰ FAO, *Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i1688s/i1688s.pdf>, [consulta: 22 de enero de 2018].

¹³¹ Vid, O. Carpintero, *op. cit.*

Ahora bien, considerando lo anterior el maíz transgénico aumentaría el metabolismo social rural dado los insumos que requiere para su producción, si bien podría ser más eficiente en espacios más delimitados disminuyendo la agricultura extensiva, ahora sería más intensiva y tomando en cuenta la huella ecológica del maíz (esto es, el impacto ambiental de todo lo necesario para la generación de una semilla transgénica, su siembra y posterior a ello su consumo y su desecho), esta sería mayor a la de la siembra de un maíz convencional. Además, los fertilizantes y pesticidas que en un principio fueron motivo para el desarrollo del maíz transgénico, se siguen requiriendo.

A esto se debe sumar la degradación del suelo (que difiere de la siembra de la milpa). Aunque sean espacios delimitados los utilizados para el cultivo, hay una pérdida de la biodiversidad, misma que afecta tanto al suelo sembrado como a sus alrededores.

Concerniente al consumo de agua, es relevante mencionar que las 1,600 millones has. cultivadas en el mundo requieren el 70% de agua dulce.¹³² La huella virtual del agua se divide en tres: huella verde, azul y gris. La huella verde se refiere al agua subterránea o superficial extraída (ríos, lagos, etc.), la huella azul del agua significa el agua de lluvia consumida, mientras que la huella gris es el agua dulce requerida para la asimilación de la carga de los contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de estos y los estándares locales de calidad del agua vigentes.¹³³ Para el maíz en México, la huella de agua virtual es de 1,200 litros por kg.^{134 135}

¹³² *Ibid.*, FAO, *op. cit.*

¹³³ CONAGUA, *El agua virtual y la huella hídrica*, [en línea], Dirección URL: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Infograf%C3%ADa%20Huella%20H%C3%ADrica.pdf>, [consulta: 22 de enero de 2018].

¹³⁴ Centro Virtual de información del agua, *El plato del buen comer*, [en línea], Agua.org.mx, Dirección URL: <https://www.agua.org.mx/educadores/wp-content/uploads/2012/09/agua-virtual-plato.pdf>, [consulta 24 de enero de 2018].

¹³⁵ *Vid*, Hablemos del campo, *Huella hídrica de producción en México*, [en línea], hablemosdelcampo.com, mayo 2015, Dirección URL:

Un estudio de Mekonnen y Hoekstra, profesores y especialistas en temas de agua, medio ambiente, economía y sustentabilidad de la University of Twente (Países Bajos), revelan los principales cultivos y su huella de agua virtual en la producción mundial entre 1996 y 2005. En ese periodo lograron concluir que la huella del agua virtual de la producción de cultivos fue de 7,404 Gm³/año (gigametros cúbicos al año, esto es 7,404 e+33 litros) en donde el 78% corresponde a una huella verde, 12% a la huella azul y 10% a la huella gris. El maíz es el tercer cultivo con una mayor huella de agua virtual con 770 Gm³/año.¹³⁶ El promedio de la huella por tonelada en el caso del maíz es: 947m³/ton para la huella verde, 81m³/ton para la huella azul y 194m³/ton para la huella gris, lo que nos da un total de 1,222m³/ton. Por supuesto que este dato difiere de país en país, de región en región y de cultivo a cultivo.

De igual manera, el estudio revela la huella de agua virtual de la producción de biocombustible como el etanol a partir del maíz. Por cada litro de biocombustible, la huella verde es de 2,212 litros, la huella azul ocupa 190 litros y la gris 453 litros, esto es un total de 2,855 litros de agua por un litro de etanol.

La importancia de conocer el agua virtual consiste en saber la cantidad de agua necesaria para la producción del maíz y en identificar el tipo de huella (verde o azul) que más influye en la misma. Así pues, se puede deducir que la huella verde, es decir, el agua proveniente de ríos, lagos y agua subterránea, es de vital importancia para la producción agrícola sobre todo para la producción intensiva. De acuerdo con Rockström, director del Stockholm Resilience Centre y profesor de ciencias ambientales en Stockholm University, muchos países en teoría son capaces de producir los alimentos que requieren localmente derivado de su disponibilidad de agua.

<http://www.hablemosdelcampo.com/nuestro-planeta/huella-hidrica-produccion-en-mexico>, [consulta: 24 de enero de 2018].

¹³⁶ M.M. Mekonnen, A.Y., Hoekstra, "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products", *Value of Water Research Report Series No. 47*, UNESCO-IHE, 2010, Delft, the Netherlands. p. 15.

En lo que respecta a la energía, los cultivos de pequeños productores utilizan tres veces menos energía que la producción industrial para el caso del maíz.¹³⁷ David Pimentel y Marcia Pimentel, investigadores de Cornell University (Estados Unidos), y Marianne Karpenstein-Machan de University of Kessel (Alemania), desarrollaron un estudio para conocer la energía requerida en la agricultura, así lograron detectar en 1997 que para la producción de una hectárea de maíz se necesitaban 10 millones de kcal.¹³⁸ En el caso del etanol, se requiere un 65% más de energía para producir 1,000 litros de etanol que la propia energía que generan 1,000 litros de etanol.¹³⁹

La maquinaria para la agricultura reduce significativamente el trabajo humano, sin embargo, demanda un mayor consumo de energía. Además, esta se requiere para la fabricación y utilización de pesticidas y fertilizantes (productos que a pesar de la siembra de maíz transgénico en Estados Unidos, siguen siendo muy utilizados).

De esta manera, la energía incrementa no tanto por la introducción de la tecnología, sino más bien por la intensidad de la producción la cual demanda un mayor flujo de energía; lo mismo ocurre con la AHPPN y con el agua virtual. La introducción de maíz transgénico al ser un motor en la producción incrementa el metabolismo social rural, generando un mayor flujo, consumo y desperdicio de energía, biomasa y agua, no tanto por el maíz en sí, sino porque su dinámica del incremento de la productividad implica la introducción de más elementos en el sistema que también poseen una huella ecológica cada uno. Esto provoca a su vez que, los sistemas rurales pierdan su capacidad para absorber de nuevo los desechos y recuperarse ante el uso intensivo de su materia.

¹³⁷ ETC Group, *¿Quién nos alimenta? ¿la red campesina alimentaria o la cadena agroindustrial?*, [en línea], 2017, Dirección URL: <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/etc-quienosalimentara-2017-es.pdf>, [consulta: 18 de enero de 2018].

¹³⁸ David Pimentel, Marcia Pimentel, Marianne Karpenstein-Machan, *Energy use in Agriculture: An overview*, [en línea], Dirección URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.543.5844&rep=rep1&type=pdf>, p. 8, [consulta: 12 de enero de 2018].

¹³⁹ *Ibid.*, p. 15.

El maíz transgénico propone la reducción de plaguicidas, de uso de energía y consumo de agua que, debido a la tecnología utilizada para la mejora genética del maíz, es posible. Retomando las investigaciones del ISAAA, los transgénicos en el año 2016 en el mundo, lograron reducir la aplicación de pesticidas un 19%, y 26.7 miles de millones de kg de dióxido de carbono. Desde ese punto, el maíz transgénico puede aliviar hasta cierto punto el metabolismo social rural, sin embargo, cuando se mira la huella ecológica de todos los elementos que implica la siembra del maíz transgénico el metabolismo se acelera, tal como la introducción de maquinaria, la tecnología misma para la alteración genética del maíz, las consecuencias mismas de la siembra del maíz, como nuevas plagas, erosión de la tierra, etc.

El maíz transgénico puede coadyuvar a no incrementar el terreno agrícola, sin embargo, detrás de éste hay otros elementos que no sopesan ni mejoran las condiciones del metabolismo social rural. Si mejora la producción tal y como lo plantea la introducción del maíz transgénico, los flujos de energía y materia incrementarán en toda la cadena productiva incluyendo la creación del paquete tecnológico que acompaña a la semilla, hasta su distribución, consumo y desecho de la misma.

El metabolismo social nos enseña algo fundamental que es que dentro del sistema existen subsistemas, esto es, los subsistemas son sociales y económicos y el sistema es natural. Esta concepción se pierde en la realidad y se piensa en el sistema económico y se olvida por completo el verdadero sistema que es natural.

Todo progreso en la agricultura capitalista no es sólo un progreso en el arte de *esquilmar al obrero*, sino a la vez en el arte de *esquilmar el suelo*; todo avance en el acrecentamiento de la fertilidad de éste durante un lapso dado, un avance en el agotamiento de las fuentes duraderas de esa fertilidad. [...] La producción capitalista, por consiguiente no desarrolla la técnica y la técnica y la combinación del

progreso social de producción sino socavando, al mismo tiempo, los dos manantiales de toda riqueza: al tierra y el trabajador.¹⁴⁰

Por otra parte, nos demuestra que a partir de su estudio es posible establecer una relación, cuantificar y evidenciar la explotación de la naturaleza, la energía requerida y lo complejo que resulta para la tierra satisfacer no las necesidades humanas, sino las necesidades de un mercado capitalista, esto es, el valor de uso subordinado al valor de cambio.

La AHPPN, los flujos de materiales y de energía, así como el agua virtual para la producción del maíz a partir de los transgénicos, aceleraría considerablemente el metabolismo social y lo fracturaría, ya que esta nueva tecnología no ha demostrado que es capaz de reducir el uso de fertilizantes y plaguicidas. La biotecnología *per se* significaría una huella ecológica de cada uno de los elementos necesarios para la modificación de estas semillas y para el continuo mejoramiento de estas. Dado que la biotecnología atiende a las premisas del mercado, se promueve la producción todavía más intensiva, lo que no daría cabida a que el metabolismo rural se adaptara fácilmente, es más, esto tiene implicaciones también en el metabolismo urbano al estar íntimamente relacionados. Así pues, no sólo la semilla del maíz transgénico, sino que todo lo que conlleva detrás de su producción, en su siembra, en la distribución, en el consumo y en el desecho constituyen factores importantes a considerar para una fractura del metabolismo social y cuyas consecuencias se verán más en detalle en su relación con las fronteras ecológicas.

3.3. Impactos del maíz transgénico en las fronteras planetarias

La agricultura es una de las actividades humanas con mayor impacto en el ambiente y, curiosamente, no existe la cantidad de información deseable para entender de

¹⁴⁰ John Bellamy Foster, *Marx y la fractura en el metabolismo universal de la naturaleza*, [en línea], Dirección URL: <http://www.herramienta.com.ar/herramienta-web-15/marx-y-la-fractura-en-el-metabolismo-universal-de-lanaturaleza>, [consulta: 17 de julio de 2018].

manera más amplia sus impactos y las sinergias que tiene con otras actividades que ayuden a determinar los daños ambientales.

Como se había mencionado anteriormente, las fronteras ecológicas son el resultado de un esfuerzo por determinar los límites dentro de los cuales el ser humano deberá mantenerse para, por lo menos, adaptarse a riesgos más certeros. En la Tabla 5 se pueden observar los impactos de la agricultura en las fronteras ecológicas, es necesario recordar que cuando los efectos hacen sinergia el impacto se vuelve global. Con esto, se podrá estudiar cada uno de los efectos en las fronteras ecológicas y, con base en lo que se busca con la implementación y siembra del maíz transgénico, se podrá determinar en qué medida impacta esta tecnología en dichos límites.

Tabla 5. La agricultura en las fronteras planetarias

Frontera planetaria	Impactos de la agricultura
Cambio climático	La agricultura es responsable del 30% de los gases de efecto invernadero (debido al cultivo, consumo de fertilizantes, ganadería y el cambio del uso de suelo).
Pérdida de la integridad de la biósfera	Alrededor de 4,000 especies se encuentran amenazadas por la agricultura intensiva. Desde 1900 el 75% de la diversidad genética de las plantas se ha perdido como consecuencia de la uniformidad genética en los cultivos y de las variedades de alto rendimiento o HYV.
Flujo biogeoquímico del nitrógeno	El uso excesivo de nitrógeno sintético o su aplicación inapropiada es causante de eutrofización.
Flujo biogeoquímico del fósforo	La aplicación de los fertilizantes a base de fósforo ocasiona problemas de eutrofización en los ecosistemas marinos y sistemas de agua dulce. Además de que los insumos para la producción de estos fertilizantes son finitos.
Pérdida del ozono en la atmósfera	La agricultura genera dos terceras partes de las emisiones de óxido nitroso, consecuencia principalmente del uso de fertilizantes.
Acidificación oceánica	La agricultura genera grandes cantidades de dióxido de carbono que son liberadas y se disuelven en el mar lo que produce ácido carbónico, lo que causa un bajo pH y severos daños en la diversidad marina.
Uso de agua dulce	La agricultura demanda la mayor parte de disponibilidad de agua dulce del planeta (70%).

Cambio uso de suelo	La agricultura ha degradado 70% de pastizales, 50% de sabanas y 45% de bosques caducifolios y más de una cuarta parte de los bosques tropicales. El cambio en el uso de la tierra es derivado del incremento de la población, cambios en la dieta y los hábitos de consumo de la gente.
Aerosoles atmosféricos	Diversas partículas son liberadas a la atmósfera como resultado de la agricultura, tales como polvo y hollín. Además ciertos fertilizantes son en aerosol.
Liberación de nuevas entidades	El uso de pesticidas sintéticos, hormonas y antibióticos como se practica a través de los países en desarrollo, poseen un riesgo muy alto en la salud humana y en la biodiversidad.

Fuente: Elaboración y traducción propia con información de: Swedish International Agricultural Network Initiative, *How to feed nine billion within the planet's boundaries. The need for an agroecological approach*, [en línea], Suecia, marzo 2015, Dirección URL: https://www.siani.se/wp-content/uploads/2017/10/siani_agroecology_brief_march_4.pdf, [consulta: 2 de septiembre de 2017].

La agricultura y, más en específico, la producción del maíz puede generar alteraciones en los límites a las fronteras ecológicas, la introducción del maíz transgénico puede ser un factor para exponer todavía más al planeta, o mejor dicho, se ponen en riesgo las condiciones apropiadas para garantizar el buen vivir del ser humano. Como se puede apreciar en la tabla anterior, la agricultura en sí representa el 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero, el maíz transgénico requiere de insumos tales como fertilizantes, pesticidas, insecticidas y maquinaria con una huella de carbono cada uno. El propio maíz transgénico posee su propia huella. Por ello, la introducción de organismos genéticamente modificados no contribuye a la reducción o captura de CO₂. La agricultura bajo correctas prácticas (como la agroecología) puede reducir la cantidad de insumos, incrementar la fijación de carbono en el suelo y generar una estabilidad en los sistemas agrícolas.

El ciclo del carbono ya ha rebasado su límite llegando a una concentración de las 400ppm, esto implica una serie de incertidumbres en las afectaciones ambientales y sociales. La introducción del maíz transgénico, al ser un mecanismo de la agricultura intensiva con consecuencias ambientales y salubres inciertas, contribuye a rebasar todavía más esta frontera. Se insiste en el impacto negativo de la modificación genética del maíz cuyos procesos poseen una huella de carbono *per*

se. Además, es necesario no perder de vista las demás fronteras ecológicas, cuya relación con el ciclo del carbono también es importante.

Concerniente a la pérdida de la biodiversidad, las empresas como Bayer, BASF, ChemChina y Dow-DuPont suponen que la productividad del maíz se dé a partir del maíz transgénico lo que, a partir de los mecanismos del mercado, significa que la siembras y cultivos serán acaparados por este tipo de maíces, obligando a los productores, al campesinado mexicano, a hacer a un lado sus prácticas milenarias de la milpa. Por ende, también se pierde el conocimiento en relación a la tierra, y se tergiversa o destruye parte importante de la cultura de las comunidades indígenas.

Es bien sabido que los monocultivos son la causa principal de la erosión de los suelos. Si el maíz transgénico pretende la producción de un alimento en suelos erosionados y en condiciones adversas, entonces México no es su destino indicado. La riqueza de nutrientes de las milpas, además de los alimentos seleccionados para la siembra, buscan que la tierra pueda funcionar para todos los cultivos y la manera de sembrarlos tiene un propósito, coadyuvar a la eliminación de posibles plagas. Es una forma compleja de producir alimentos y milenaria que conlleva relaciones socio-culturales con el ambiente. Es de suma importancia resaltar esto porque dada la dificultad de tener una medición de valores más allá de los económicos (entendidos estos como la acumulación de capital) no resulta fácil entender el valor cultural y de la tierra para el campesinado y comunidades indígenas. La biodiversidad es parte natural de la siembra del maíz en México a través del sistema de las milpas.

La contaminación horizontal del maíz genéticamente modificado a las diversas variedades de maíz puede generar severos daños en aquellos pequeños agro-ecosistemas, sin olvidar que una vez que se da la siembra de maíz genéticamente modificado en una determinada región esta se obliga a depender del maíz transgénico en el futuro.

El límite o frontera de la pérdida de la biodiversidad, es un problema en el que se puede ahondar todavía más con la introducción forzosa del maíz transgénico, tanto en regiones en donde se produce maíz, como en aquellas en donde las condiciones son adversas. En estos casos, los monocultivos contribuyen en gran medida a la erosión del suelo y por consecuencia, de la pérdida de nutrientes y como resultado de ello existe una pérdida en las especies. Ante este escenario se plantea la siembra de maíz transgénico, pero en el fondo sigue existiendo el mismo problema, no hay un enriquecimiento del suelo ni un aumento en la biodiversidad, al contrario, se sigue erosionando más. Además, la contaminación horizontal ocasiona afectaciones a las diversas razas de maíz y desatan un sinnúmero de incertidumbres respecto a su consumo.

Con la introducción del maíz transgénico se estarían perdiendo las 59 razas de maíz del país, aunado a la reducción y contaminación en la producción de otros alimentos, como el frijol, la calabaza y la papa. No hay que olvidar que la frontera planetaria propuesta por el Instituto de Estocolmo, ya fue rebasada, perdiendo alrededor de 100 especies por millón. Así, la pérdida del maíz, representaría un 59% de 100 especies por millón.

Por otra parte, los flujos biogeoquímicos del fósforo y el nitrógeno se han visto modificados en gran medida por la agricultura de escala industrial, no hay otro aspecto que modifique más los ciclos biogeoquímicos. La aplicación de los fertilizantes en cultivos provoca alteraciones en la fijación del fósforo y el nitrógeno:

Las actividades humanas actualmente convierten más nitrógeno atmosférico en formas reactivas que todos los procesos de la Tierra combinados. Gran parte de este nitrógeno reactivo es emitido a la atmósfera en varias formas en vez de ser adquiridas por los cultivos. Cuando el nitrógeno cae en forma de lluvia, contamina lagos, ríos y zonas costeras o se acumula en la biósfera terrestre. De forma similar, una pequeña porción de los fertilizantes de fósforo aplicados en la producción de alimentos es absorbido por las plantas, gran parte de fósforo movilizado por el ser humano también termina en los sistemas acuáticos. Esto puede convertirse en una falta de oxígeno debido a que las bacterias consumen la flora de las algas que crecen en respuesta

al alto suministro de nutrientes. Una fracción significativa del nitrógeno y fósforo aplicados hacen su camino en el mar y pueden orillar a los sistemas marinos y acuáticos a través de sus propias fronteras ecológicas.¹⁴¹

El nitrógeno es uno de los elementos más abundantes en la Tierra, sin embargo, también es uno de los elementos que los seres vivos menos pueden utilizar, ya que se encuentra en la atmósfera en forma molecular (N₂), quienes fijan el nitrógeno en el suelo son bacterias de las raíces de plantas como el frijol y otras leguminosas. Antes de la revolución industrial, el ciclo del nitrógeno era estable, empero, como consecuencia de la agricultura intensiva, el uso de combustibles fósiles y de la producción de fertilizantes inorgánicos, el nitrógeno se ha acumulado en la naturaleza, lo cual ha derivado en la pérdida de la fertilidad de los suelos y la eutrofización en aguas superficiales y subterráneas.¹⁴²

La eutrofización se debe entender como el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes para las plantas. Sin embargo, al alterarse los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y el fósforo por razones antropogénicas se tiene una acumulación exacerbada de los elementos, esto cambia el estado trófico cuando hay un exceso de nutrientes. Por esto, hay un aumento en la producción de algas y fitoplancton que a su vez modifican el hábitat, incrementa la mortandad de peces y se producen toxinas que alteran por completo el ecosistema acuático, el agua puede llegar a considerarse como no apropiada para el consumo humano.¹⁴³

¹⁴¹ Stockholm Resilience Center, *The nine planetary boundaries*, [en línea], (traducción propia), Dirección URL: <http://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>, [consulta: 10 de febrero de 2018].

¹⁴² Silvia Pajares Moreno, “La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas”, *Oikos*, núm. 16, México, Instituto de Ecología de la UNAM, agosto 2016, p. 15.

¹⁴³ Vid, FAO, “Los fertilizantes en cuanto contaminantes del agua”, [en línea], *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídrico*, 1997, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm#Contents>, [consulta: 20 de febrero de 2018].

Entre las consecuencias de la acumulación del nitrógeno y en reacción con otros compuestos, se encuentran la lluvia ácida, smog, destrucción del ozono estratosférico, riesgos a la salud como enfermedades coronarias y respiratorias.¹⁴⁴ El ciclo del nitrógeno es una frontera ecológica que ya ha sido rebasada, teniendo una acumulación de 121 millones de toneladas al año, cuando el límite aceptable es de 35 millones de toneladas, esto es tres veces más de lo admisible.

Por su parte, el ciclo del fósforo está a prácticamente a menos de 2 millones de toneladas al año de ser rebasada, ya que actualmente se generan 9.5 millones de toneladas al año siendo 11 millones de toneladas el límite (ver Tabla 1. Fronteras planetarias).

La agricultura industrial es la causa principal de las modificaciones en el ciclo del nitrógeno y el fósforo, así pues, como alternativa se propone el uso moderado de fertilizantes tales como el estiércol de ganado, pero de manera racional y la rotación de cultivos o bien los policultivos, mismos que tendrán que desarrollarse de tal forma que permitan la apropiada interacción entre ellos y el equilibrio en el ecosistema. De acuerdo con esto, el maíz transgénico al no comprobar la reducción de fertilizantes y al conllevar a la homogeneización de una determinada variedad de maíz mejorada (hecho dado no por el maíz transgénico *per se*, sino por las empresas transnacionales con injerencia en la agricultura y bajo una racionalidad capitalista en la que prácticamente orillan al campesinado a una producción que responda a las necesidades de estas empresas) no contribuye como una respuesta alternativa para el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno ni del fósforo.

La milpa, por ejemplo, es un sistema de policultivo que permite una diversidad en la flora y fauna y que es funcional tanto en la superficie para las especies y para el suelo. Este sistema, coadyuva a una mejor fijación del nitrógeno y fósforo en la tierra que permite el correcto desarrollo del maíz y de los cultivos que se siembran en la misma milpa. En los ciclos biogeoquímicos, los diferentes cultivos en la milpa

¹⁴⁴ *Ibid.*, Silvia Pajares Moreno, *op. cit.*, p. 15.

“potencian la relación agua-suelo-planta-ambiente: el frijol fija nitrógeno atmosférico, nutriente esencial de las plantas, el maíz le sirve de tutor al frijol, y la calabaza, con su amplio follaje y hábito rastrero, salvaguarda al suelo de la erosión, fomenta la filtración de agua e impide su evaporación, así como el crecimiento de arvenses durante los primeros ciclos fenológicos del maíz y frijol”.¹⁴⁵

Concerniente al ozono (O₃), es importante diferenciar entre el ozono troposférico y el ozono estratosférico. El primero hace referencia al ozono localizado hasta los 10km de la superficie de la Tierra. El incremento del O₃ troposférico genera afectaciones en la producción de los cultivos, se estima que incluso podrían reducir un 10% aproximadamente en el abastecimiento de los cultivos y generar lluvia ácida.¹⁴⁶ Las razones de este contaminante del aire son antropogénicas, principalmente por el incremento en los combustibles fósiles y se encuentra en grandes cantidades en las zonas rurales.¹⁴⁷

Por otra parte, el O₃ estratosférico se encuentra a unos 20 km de la superficie de la Tierra, es la capa que beneficia al planeta ya que absorbe la radiación ultravioleta del Sol, permitiendo condiciones aptas para la vida humana. Es de suma importancia mantener la capa de ozono. A partir de 1980 la comunidad científica descubrió que existía un adelgazamiento de la capa de ozono consecuencia principalmente de los clorofluorocarbonos utilizados en aplicaciones industriales como los refrigerantes, fungicidas y aerosoles. Las fronteras planetarias consideran al ozono estratosférico como una frontera fundamental para el correcto funcionamiento del sistema natural. Retomando la Tabla 1. Fronteras planetarias, la capa de ozono se mide en unidades Dobson, entre más unidades se tengan

¹⁴⁵ Miguel Ángel Damián Huato, “2018, la agroecología y la milpa”, [en línea], *Palabras agudas*, junio 2017, Dirección URL: <http://www.angulo7.com.mx/2017/06/25/2018-la-agroecologia-milpa-ii/>, [consulta: 20 de febrero de 2018].

¹⁴⁶ Confer, Amos P. K. Tai, Maria Val Martin, Colette L. Heald, “Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution”, *Nature Climate Change*, núm. 4, 2014, pp. 817-821.

¹⁴⁷ Vid, Elizabeth A. Ainsworth, Craig R. Yendrek, *et al.*, “The Effects of Tropospheric Ozone on Net Primary Productivity and Implications for Climate Change”, *Annual Review of Plant Biology*, vol. 62, 2012, pp. 637-661.

quiere decir que hay un mayor grosor de la capa de ozono estratosférico. Antes de la era preindustrial, la capa de ozono se situaba en las 290 unidades Dobson, la frontera propuesta, en este caso el límite mínimo de unidades Dobson, es de 276 unidades Dobson. Actualmente nos situamos en las 283 unidades, lo que quiere decir que no existe un gran peligro de rebasar esta frontera planetaria, al menos por ahora. Vale la pena mencionar, que la capa de ozono se ha mantenido estable gracias a los esfuerzos conjuntos en el Protocolo de Montreal (1987) en el que se asume el compromiso de la reducción de los clorofluorocarbonos un 50%. No obstante, el ozono estratosférico se encuentra íntimamente ligado con los ciclos biogeoquímicos y con el incremento en las emisiones de CO₂, así como otros gases de efecto invernadero.

Por otra parte, la acidificación oceánica ocurre principalmente por la concentración y emisión de CO₂, la agricultura intensiva es responsable del 30% de las emisiones de este gas.

Cuando el dióxido de carbono (CO₂) es absorbido por el agua de mar, se producen reacciones químicas que reducen el pH del agua de mar, la concentración de iones de carbonato y los estados de saturación de los minerales de carbonato de calcio biológicamente importantes. Estas reacciones químicas se denominan "acidificación de los océanos" [...].¹⁴⁸

La acidificación oceánica altera los ciclos de nutrientes del ecosistema, modifica el hábitat y dificulta la adaptación de las especies marinas.

Desde el comienzo de la Revolución Industrial, el pH de las aguas oceánicas superficiales ha disminuido en 0.1 unidades de pH [...], este cambio representa aproximadamente un aumento del 30 por ciento en la acidez. Las predicciones futuras indican que los océanos continuarán absorbiendo dióxido de carbono y se volverán aún más ácidos. Las estimaciones de los niveles futuros de dióxido de carbono, basados en

¹⁴⁸ PMEL Carbon Program, National Oceanic and Atmospheric Administration, *What is ocean acidification?*, [en línea], (traducción propia), Dirección URL: <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F>, [consulta: 20 de febrero de 2018].

escenarios de emisión habituales, indican que para fines de este siglo las aguas superficiales del océano podrían ser casi un 150 por ciento más ácidas, lo que daría como resultado un pH que los océanos no habían experimentado en más de 20 millones de años.¹⁴⁹

Ahora bien, a través de un correcto manejo de los cultivos estos pueden contribuir al almacenamiento de carbono e impactar de forma positiva en la acidificación de los océanos. Aunque está claro que esto se logra gracias a prácticas agroecológicas y no con la agricultura industrial intensiva. El cultivo de maíz transgénico encuentra su razón de ser en el incremento de la productividad, no sólo para el consumo humano, sino también como alimento para ganado y para la producción del etanol. Bajo este escenario y como consecuencia de su incapacidad para poder sembrarse bajo un sistema de milpa, no funciona como respuesta para el incremento en el acervo de carbono. En cambio, la milpa, como mecanismo de diversidad biológica y de producción, posee características que le permite mantener el equilibrio ecológico por lo menos en su pequeño ecosistema y con la capacidad de fijar más carbono, tanto por el maíz sembrado como por los cultivos que lo acompañan en su crecimiento.

En cuanto al consumo de agua dulce por parte de la agricultura, de acuerdo con FAO, en 2016 el 91.82% de la extracción de agua dulce fue destinada al uso agrícola.¹⁵⁰ En el caso específico de México, en el año 2002 el 77.27% del consumo del agua en el país fue para fines agrícolas, en 2007 se requirió del 76.2%, en 2012 del 76.57% y en 2015 un 76.30%.¹⁵¹ Esto se debe a que la producción es intensiva,

¹⁴⁹ *Idem.*

¹⁵⁰ La extracción anual de agua dulce se refiere al total de extracción de agua, sin contar las pérdidas por evaporación de las cuencas de almacenamiento. La extracción incluye además el agua de las plantas de desalinización en países donde estas son una fuente importante. La extracción puede exceder el 100% del total de recursos renovables en aquellos casos de gran volumen de extracción a partir de acuíferos no renovables o de plantas de desalinización o en que existe una importante reutilización del agua. La extracción para la agricultura es el total de extracción para riego y para la producción animal. Fuente: Banco Mundial, *Extracción anual del agua dulce*, [en línea], Dirección URL:

<https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS?end=2016&start=1965&view=chart>, Datos de: FAO, *Aquastat*. [consulta: 25 de febrero de 2018].

¹⁵¹ *Ibid.*, PMEL Carbon Program, National Oceanic and Atmospheric Administration, *op. cit.*

de riego más no temporal. Probablemente y derivado a las consecuencias del cambio climático, no sería posible tener una producción sólo de temporal para alimentar a más de 7 mil millones de personas, en este sentido, sí es relevante considerar una producción de cultivos a través del riego, pero no por ello tiene que ser exacerbada. Además, es importante considerar que los datos antes señalados son para la agricultura, es decir, no se enfocan en el maíz, sino que consideran al trigo, la cebada, el arroz y la producción ganadera. Pero como se había mencionado anteriormente, la huella virtual de agua del maíz es de 1,222m³/ton, misma que podría reducir tanto con la milpa como con el maíz transgénico, ya que éste último está pensado para condiciones climáticas adversas. Sin embargo, no se tiene certeza de cuánta agua puede lograr a reducir, ni de los efectos en la salud de este tipo de maíz.

Concerniente al suelo, éste constituye el principal elemento para la producción alimentaria, es considerado como un recurso no renovable ya que un suelo erosionado tarda alrededor de 100 años en subsanar los daños si es que se le da un correcto manejo. Es importante señalar que no sólo se trata que los cultivos puedan ofrecer nutrientes al suelo, sino que el suelo pueda ofrecer nutrientes a los cultivos. El suelo es capaz de almacenar más carbono que toda la vegetación existente. Cuando no existe un suelo con los nutrientes necesarios, resulta sumamente complicado recibir cosecha alguna.

De acuerdo con la FAO, los principales factores que impulsan el cambio en el uso de suelo son el incremento de la población y el crecimiento económico. El incremento en la población se relaciona a una expansión de las metrópolis y de la infraestructura, afectando a tierras que son cultivables. Se estima que para el 2050 el 66% de la población mundial será urbana, lo que también demanda mayores cantidades de recursos, aunque es importante resaltar que, como se había mencionado anteriormente, la demanda de los recursos es mayor a lo que corresponde el consumo per cápita, lo que nos lleva al crecimiento económico. Bajo una racionalidad meramente económica es importante la creación de nuevos

mercados y de necesidades, lo que conlleva a la sobreexplotación de los recursos, a un cambio en el uso de suelo y a su degradación y erosión, afectando al mismo tiempo, los ciclos biogeoquímicos y a las demás fronteras planetarias.

El siglo XX ha presenciado el crecimiento extraordinario de población y la economía, y una revolución asociada en la agricultura. Entre 1961 y 2000, la población mundial creció un 98 por ciento pero la producción alimentaria aumentó en un 146 por ciento y la producción per cápita de alimentos se incrementó en un 24 por ciento. Los rendimientos de los cultivos se han más que duplicado y notablemente, el área de tierra cultivable en uso sólo se incrementó en un ocho por ciento [...]. La clave de este período fue el incremento dramático de los insumos agrícolas y los avances en la mejora de cultivos.¹⁵²

De acuerdo con lo anterior, el maíz transgénico podría funcionar como una solución para la producción alimentaria, pero ello no subsana la fertilidad del suelo, no contribuye a la regeneración del suelo y por ende a ninguna de las fronteras planetarias a las que impacta. Sin importar las tecnologías aplicadas para la producción de más y más alimentos, lo realmente crítico no es la producción de los alimentos sino el estado deplorable del suelo. La relevancia de la recuperación del suelo es tan fundamental como las demás fronteras planetarias ya que sólo de esta manera se puede garantizar el abastecimiento de los alimentos y la estabilidad del planeta para una vida saludable del ser humano.

El cambio en el uso de suelo desencadena una serie de amenazas tales como:¹⁵³

1. Erosión del suelo, el cual ocurre por el agua, viento o labranza. La erosión del suelo es una amenaza que, si bien es natural, se acelera por la actividad humana.
2. Pérdida de carbono orgánico, sucede cuando hay una conversión del carbono en CO₂ y en metano (CH₄) así como por la erosión.

¹⁵² FAO, *Estudio Mundial del Recurso Suelo (ERMS)- Resumen Técnico*, FAO y Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos, 2016, p. 6.

¹⁵³ *Idem*.

3. Desequilibrio de nutrientes, éste puede ser por la falta de nutrientes o por exceso de los mismos y ocurre generalmente por la aplicación de fertilizantes.
4. Salinización y sodificación, ocasionadas por prácticas de riego inapropiadas.
5. Sellado de suelo y ocupación del territorio, ocasionado por la infraestructura y el crecimiento de la mancha urbana en donde, a través del asfalto o concreto, se cubre el área natural del suelo impidiendo la captura de agua y nutrientes.
6. Pérdida de la biodiversidad del suelo, ocurre cuando hay una disminución de los organismos que forman parte de la tierra y que se ven afectados por cualquiera de las otras amenazas.
7. Contaminación, hace referencia a cualquier elemento químico que afecte la composición del suelo.
8. Acidificación, al igual que en el agua, existe una acidificación en el suelo cuando hay un cambio en el pH derivado a la acumulación de hidrógeno y aluminio o bien por la pérdida de calcio, potasio, magnesio y sodio.
9. Compactación, se refiere al incremento de la densidad por la presión a la superficie, impidiendo la penetración de las raíces, el paso de agua la asimilación de nutrientes.
10. Anegamiento, es cuando el suelo está muy húmedo y las raíces de las plantas no pueden respirar con el oxígeno insuficiente.

La agricultura constituye un factor importante en el uso de cambio de suelo. Como se muestra en la Tabla 5, la agricultura ha degradado gran parte de pastizales, sabanas y bosques, erosionándolo a través de monocultivos y producción intensiva.

En este contexto, el maíz transgénico constituye un elemento transformador del suelo. A pesar de que dentro de sus modificaciones genéticas posee la característica para rendir más en poco espacio, procurando la no expansión de terrenos para la agricultura, incentiva también que en suelos infértiles pueda sembrarse maíz transgénico, lo que ocasiona en última instancia un cambio en el

uso de suelo. Además de generarse un cambio en el uso de suelo por la siembra de maíz transgénico para alimentos humano y de ganado, también incrementaría para la producción de biocombustibles. Es importante resaltar lo anterior porque la siembra de maíz transgénico para biocombustible genera impactos indirectos en el uso de suelo al expandir plantaciones dentro de terrenos donde otros cultivos habían estado creciendo conllevando a un efecto de conversión de nuevas tierras para destinar a los cultivos a la producción de biocombustibles, pues estos deben crecer y cultivarse de forma separada a la producción de consumo humano.

En la frontera planetaria de la carga de aerosoles en la atmósfera, esta nos regresa al adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico. El uso de aerosoles causa reacciones con las moléculas de ozono de la estratósfera formando reacción en cadena al tener la capacidad de destruir más de una molécula. Los clorofluorocarbonos son la sustancia más devastadora para la capa de ozono, sin embargo, el bromuro de metilo con un valor potencial de agotamiento del ozono¹⁵⁴ de 0.6 es un aerosol que también genera severos daños a la capa de ozono. El bromuro de metilo se utilizaba principalmente como plaguicida para remover y evitar daños a las cosechas ante pestes y plagas. Conforme al Protocolo de Montreal, muchos países alrededor del mundo han trabajado para la eliminación del bromuro de metilo.

Hoy en día se siguen utilizando aerosoles para proteger a los cultivos de virus por largos periodos. El desarrollo de pesticidas, fertilizantes y fungicidas continúa y continuará aún y con la implementación de maíz transgénico. En primer lugar, porque el maíz genéticamente modificado no ha demostrado una reducción en dichos insumos agrícolas y, en segundo lugar, porque las principales empresas que

¹⁵⁴ El potencial de agotamiento del ozono (PAO) es la habilidad que ciertas sustancias químicas (en este caso el bromuro de metilo) tienen para agotar la capa de ozono. A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1. *Vid*, PNUMA, *La capa de ozono y las SAO*, [en línea], Dirección URL: <http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf>, [consulta: 4 de marzo de 2018].

producen estos insumos son las mismas que se dedican a la promoción y producción de semillas transgénicas.

Concerniente a la liberación de nuevas entidades, esta es una frontera que, de acuerdo con el Instituto de Estocolmo, involucra a aquellos elementos o productos químicos derivados de las innovaciones tecnológicas que representan un riesgo ante las incertidumbres de su aplicación y que son movilizadas por el ser humano. Cada innovación tecnológica plantea una nueva frontera de riesgo con la posibilidad de desencadenar reacciones no sólo a nivel local sino a nivel global.

Expresar al maíz transgénico como una nueva entidad es posible y es precisamente la falta de conocimiento que permite que el maíz transgénico y la biotecnología en general sean considerados como un elemento de riesgo. Al haber un desconocimiento de las implicaciones de esta tecnología y al no responder en esencia a una necesidad humana pero que se implementa y expande como si así fuera, genera una cadena de reacciones difíciles de determinar y que sin duda plantean una incertidumbre respecto al daño/beneficio ambiental, social y económico.

Como se revisó anteriormente, tiene una incidencia negativa en el metabolismo social al funcionar como un catalizador en los flujos de energía y material y ocasiona una disrupción mayor entre los procesos naturales y las relaciones sociales. Del mismo modo y considerando el papel y el impacto de la agricultura a nivel global, los cultivos transgénicos son un componente importante que impacta y hace sinergias en todas las fronteras ecológicas (en unas menos que en otras), pero en ningún caso contribuye en la reducción de los riesgos de las fronteras ecológicas ni minimiza su acercamiento a las mismas.

Se requerirán de años para conocer más sobre las consecuencias y alcances de la implementación y modos de implementación de los cultivos transgénicos, el hecho es que, por ahora, los transgénicos (en este caso el maíz genéticamente

modificado), se erigen como una nueva entidad con el objeto de ser repensados tanto en su funcionalidad como en su lógica capitalista y en la ética de la ciencia en razón de ser de la misma.

A la fecha, hay un gran desconocimiento de los efectos del maíz transgénico en las fronteras ecológicas. Por una parte, el maíz genéticamente modificado conlleva la utilización de más insumos, por ende, incrementa la huella de carbono, lo que ahonda el problema de la acidificación oceánica. La homogeneidad de los cultivos también genera un incremento en esta huella y es un factor de pérdida de la integridad de la biodiversidad. Esta a su vez ocasiona un desequilibrio ecológico y erosión de los suelos, así como un aumento en las probabilidades de atraer nuevas plagas y más potentes. Lo anterior, obliga a una producción de nuevos fertilizantes y pesticidas que impactan directamente en los ciclos biogeoquímicos del P y N alterando los sistemas acuáticos y contribuyendo al adelgazamiento de la capa de ozono.

De esta manera, la alteración en una sola frontera ecológica desencadena efectos en las demás fronteras. Esto se vuelve más complejo cuando se considera al maíz transgénico como una nueva entidad, pues no es posible determinar cada impacto ni su magnitud, al no poseer conocimiento certero acerca de la implementación y utilización de los organismos genéticamente modificados. El hecho de asumir al maíz transgénico como una nueva entidad, supone abrir un espacio amplio para su estudio y por ende de más riesgos e incertidumbres. De esta forma, los transgénicos son una tecnología desarrollada por el ser humano que rebasa nuestro dominio y saber.

Habiendo determinado la existencia de una fractura en el metabolismo social rural y los riesgos que representa el maíz transgénico a las fronteras ecológicas, se tienen que buscar alternativas para asegurar la producción de alimentos, la biodiversidad, la diversidad cultural y el reconocimiento a diferentes modos de vivir. En el siguiente apartado se presentan alternativas que integran beneficios

ambientales y sociales que responden a un modo diferente de asimilar al ser humano no “con” sino “en” la naturaleza. Las alternativas que se muestran a continuación son la agroecología y el comercio justo/solidario que surgen a partir de un movimiento social en contra de la agricultura industrial y lo interesante es que no surge como una política pública, no surge como una propuesta de alguna empresa, sino como un movimiento de abajo, de los sectores más vulnerables y con menos participación política y que han demostrado la capacidad para crear relaciones y tener una productividad más sostenible, así como también han demostrado que la agricultura tradicional no significa un retroceso en la ciencia, pues más bien se busca conjugar conocimientos bajo determinados principios éticos.

Finalmente, se muestra una nueva alternativa tecnológica denominada CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, en español “Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas”), si bien dentro de esta investigación no se considera como una opción viable como se verá más adelante, es menester mencionarla porque desde la academia y desde el sector privado se le reconoce como alternativa porque continúa bajo la misma racionalidad económica y es entonces, un paso más en el camino de la modificación genética. En este sentido, se demuestra que las alternativas por parte del sector privado serán dadas bajo esta lógica y no cambian, pero a cada alternativa de este tipo, surge un movimiento desde abajo específico con otra alternativa.

3.4. Alternativas al maíz transgénico

En este apartado, se presentan alternativas de producción para el maíz, de estas, dos encuentran su origen en movimientos sociales y en respuesta a la modernización y al daño ambiental de la agricultura en la actualidad. La tercera alternativa encuentra su origen en el sector privado ante las interrogantes y respuestas contrarias en relación a los transgénicos, no es la opción deseable, pero es necesario incluirla por lo que pueda implicar su uso.

3.4.1. Agroecología

La agroecología, de acuerdo con la FAO, se define como: “una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. Como ciencia, estudia cómo los diferentes componentes del agroecosistema interactúan. Como un conjunto de prácticas, busca sistemas agrícolas sostenibles que optimizan y estabilizan la producción. Como movimiento social, persigue papeles multifuncionales para la agricultura, promueve la justicia social, nutre la identidad y la cultura, y refuerza la viabilidad económica de las zonas rurales”.¹⁵⁵

La agroecología busca mejorar las interacciones entre la flora, fauna, el ser humano y el ambiente.

Unos de los aspectos más importantes de la agroecología es la diversidad de conocimientos. Si bien se basa en la agronomía, las ciencias sociales y la economía, al menos esta última no domina el sentido de la agroecología, de hecho, se considera que la agroecología es un movimiento desde abajo hacia niveles arriba, que parte de los conocimientos de los agricultores y campesinos y que se conjuga con la ciencia para generar un enfoque diferente en la producción agrícola siempre teniendo en consideración las relaciones en el ecosistema. Por lo mismo, para autores como Woodgate de University College London (Reino Unido) y Sevilla Guzmán de la Universidad de Córdoba (España), es de vital importancia que la agroecología sea considerada más bien como un movimiento social que es contrario a la racionalidad capitalista de la propia ciencia. Aunado al hecho de que, desconocer en primera instancia el movimiento social en la delimitación de la agroecología como ciencia es desconocer la problemática o la razón de ser de los propios movimientos que conllevaron a la agroecología, esto es, el valor social y la diversidad de saberes es lo que sienta las bases para el desarrollo de la agroecología. Para Woodgate y Sevilla, la agroecología:

¹⁵⁵ FAO, *Agroecología y Agricultura Familiar*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2018].

promueve el manejo ecológico de los sistemas biológicos a través de formas colectivas de acción social, que redirigen el curso de la coevolución entre la naturaleza y la sociedad con el fin de hacer frente a la “crisis de la modernidad”. Se trata de lograr este objetivo mediante estrategias sistémicas [...] para cambiar los modos de producción y consumo humano que han producido esta crisis. Para estas estrategias es fundamental la dimensión local, en la que nos encontramos con potencial endógeno codificado dentro de sistemas de conocimiento [...] que muestran y promueven tanto la diversidad cultural como la ecológica. Esta diversidad debe formar el punto de partida de las agriculturas alternativas y del establecimiento de sociedades rurales dinámicas y sostenibles.¹⁵⁶

En esa misma línea, la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) hace énfasis en la soberanía alimentaria, la conservación de los recursos naturales y la agrobiodiversidad, en donde la agroecología funciona como un mecanismo de empoderamiento de los movimientos sociales rurales, llevando a la disminución y consecuente erradicación de los insumos agrícolas, revalorizando al agricultor indígena y su conocimiento milenario.¹⁵⁷

De esta manera, la agroecología surge como un movimiento en respuesta a la industrialización de la agricultura, a la búsqueda de una ecología de saberes y a una relación diferente del ser humano con su entorno.

La FAO ha identificado diez principios a considerar para el desarrollo de prácticas agroecológicas, mismas que funcionan únicamente como referencia, pues la misma ecología de saberes, los contextos, valores culturales, reconocimiento de

¹⁵⁶ Eduardo Sevilla Guzman, Graham Woodgate (ed.), M. Redclift (ed.), “Sustainable rural development: From industrial agriculture to agroecology”, *The international handbook of environmental sociology*, 1997, pp. 93–94. En: Eduardo Sevilla Guzmán, Graham Woodgate, “Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica”, *Agroecología*, vol. 8, núm. 2, 2013, pp. 27-28. (Traducción de Sevilla Guzmán y Woodgate).

¹⁵⁷ Miguel A. Altieri, (ed.), *Historia de la Agroecología en América Latina y España*, Berkeley, California, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), 2017, p. 10.

identidades, así como las condiciones ambientales son los elementos que definirán los principios agroecológicos. Los principios que propone la FAO son:¹⁵⁸

1. Eficiencia. Refiere al correcto aprovechamiento de los recursos naturales en la agricultura, utilizando al máximo energías renovables y el aprovechamiento de los residuos para la generación de energía.
2. Equilibrio. Diseño de esquemas en el que cada elemento funcione como complemento de tal modo que el sistema funciona apropiadamente. Por ejemplo, la milpa en este caso es un esquema que permite la diversidad de cultivos en donde contribuyen al mejor desarrollo entre una y otra especie.
3. Diversidad. Este es un factor importante que no se considera al menos en el esquema actual de producción de alimentos. Se reconoce la importancia de la diversidad vertical, espacial y temporal, con esto se pueden hacer cultivos más resilientes y se reducen los riesgos. Además, claro está que contribuye a la mitigación del cambio climático a partir de su implementación.
4. Creación conjunta de conocimientos. Este elemento, a diferencia del esquema de la agricultura intensiva, permite la participación de más actores como, por ejemplo, de los pequeños agricultores y de comunidades indígenas, les brinda a sectores excluidos una mayor participación política y compartir el conocimiento que estos han desarrollado a través de varias generaciones, permitiendo conjugar conocimiento y la creación de uno nuevo.
5. Reciclado. Refiere al aprovechamiento máximo del flujo y ciclo de nutrientes.

¹⁵⁸ FAO, *Centro de conocimientos sobre agroecología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/agroecology/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2018].

6. Sinergias. Diseño y delineamiento de un esquema cuidado para que cada uno de los componentes del sistema pueda hacer una sinergia positiva con los otros componentes. Esto se refiere desde lo que siembra, los animales utilizados y las relaciones sociales establecidas y los conocimientos y prácticas aplicadas.
7. Valor humano y social. Es de suma importancia otorgar reconocimiento a los actores antes excluidos y a valorizaciones diferentes más allá de lo económico como la cultura, identidad, tradición, modos de vida, para crear lazos y fomentar relaciones sociales justas y equitativas.
8. Economías circulares. La creación de soluciones y mercados locales son elementos más de la agroecología. La economía circular pretende hacer un uso racional de los recursos de acuerdo con las necesidades humanas y el fomento de un mercado justo entre productores y consumidores.
9. Cultura y tradiciones alimentarias. Reconectar la cultura con los hábitos alimenticios que respondan a las necesidades nutrimentales del ser humano que por cultura, geografía y clima eran hábitos que poco a poco se perdieron para transitar a la agroindustria.
10. Gobernanza de la tierra y los recursos naturales. Este elemento implica la necesidad de los pequeños productores de tener acceso a la tierra, el agua y la infraestructura adecuada para poder aplicar enfoques agroecológicos eficientes en su producción. Ante esto deben existir políticas públicas en apoyo al campo que faciliten la implementación de la agroecología.

Como se comentó anteriormente, estos diez principios funcionan únicamente como un punto de partida, pues las prácticas agroecológicas se definirán según el contexto. Es relevante considerarlas porque marcan una diferencia entre lo que busca la agroecología como alternativa y la agroindustria. La agroecología supone

un cambio desde abajo y de una racionalidad diferente, diversa y compleja y por lo mismo holística.

La agroecología empodera a pequeños productores, preserva la estabilidad en el medio natural y es más productivo que los monocultivos a gran escala. Los policultivos han demostrado ser más eficientes en el sistema, en la asimilación y aprovechamiento de energía y nutrientes y por ende, se convierten en sistemas resilientes. “En México, una parcela de 1.73 hectáreas tiene que sembrarse con un monocultivo de maíz para que produzca la misma cantidad de comida que produce una hectárea sembrada con una mezcla de maíz, calabaza y frijol”.¹⁵⁹

Para dar cuenta del panorama en la región: “En América Latina, las unidades de producción campesina no alcanzan los 16 millones de pequeños agricultores que contribuyen aproximadamente un 41% de la producción agrícola para el consumo doméstico, y son responsables de la producción del 51% del maíz, 77% de frijol y 61% de papas a nivel regional”.¹⁶⁰ Del mismo modo, es importante señalar que:

Hay 1.5 mil millones de población rural [...] al menos 370 millones de estos son personas que pertenecen a pueblos indígenas [...], juntos representan al menos la mitad de los pueblos indígenas y crecen en parcelas de 2 has. en promedio al menos el 70% de la alimentación mundial, lo que implica que los campesinos alimentan a 712 millones de personas que habitan en áreas rurales y remotas y, al menos, una tercera parte de los 238 millones de personas que carecen de seguridad alimentaria y que viven en pueblos y ciudades.¹⁶¹

¹⁵⁹ Miguel A. Altieri, “Escalonando la propuesta agroecológica para la soberanía alimentaria en América Latina”, *Agroecología*, núm. 4, 2009, pp. 40-41.

¹⁶⁰ Miguel A. Altieri, Fernando R. Funes-Monzote, Paulo Petersen, “Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty”, [en línea], *Agronomy for sustainable development*, INRA y Springer, 2011, Dirección URL: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2009/11/Altieri-Funes-Petersen-Palencia.pdf>, [consulta: 2 de marzo de 2018].

¹⁶¹ *Idem*.

En la mayoría de las prácticas agroecológicas utilizadas se ha demostrado un incremento a la producción del 50 al 100%.¹⁶² Alrededor del mundo, muchos son los grupos y movimientos que se han sumado a la implementación de prácticas agroecológicas. A finales de los años 70 se generó el movimiento Campesino a Campesino como contracorriente a la agricultura industrial y como consecuencia de que las organizaciones y los gobiernos no sugerían opciones alternas a este tipo de agricultura, pues tampoco les interesaba hacerlo. Campesino a Campesino comenzó con la implementación de proyectos comunitarios para desarrollar técnicas sustentables en la producción alimentaria, poco a poco se convirtieron en una red de pequeños agricultores con el objetivo de intercambiar conocimiento respecto a sus prácticas, fue un movimiento de campesino a campesino, persona a persona, que construyó una escuela de agricultura agroecológica en América Latina.¹⁶³

Por su parte, La Vía Campesina también es una de las organizaciones líderes en este sentido. El movimiento surgió en 1993 en Bélgica como respuesta a las políticas agrícolas, a la globalización y a lógica empresarial para la producción de alimentos. Es un movimiento internacional que agrupa a más de 200 millones de pequeños agricultores: “defiende la agricultura campesina por la soberanía alimentaria como una forma de promover la justicia social y dignidad y se opone fuertemente a los agronegocios que destruyen las relaciones sociales y la naturaleza”.¹⁶⁴

El movimiento reconoce la importancia de los pequeños agricultores y de las comunidades y promueve a la agroecología como el mecanismo para la producción sostenible y abastecimiento de alimentos. Asimismo, fomenta la relación armónica

¹⁶² *Idem.*

¹⁶³ Vid, Eric Holt-Giménez, *Campesino a Campesino: Voces de Latinoamérica Movimiento Campesino para la Agricultura Sustentable*, Managua, Nicaragua, SIMAS, Food First Books, 2008, 294 pp.

¹⁶⁴ La Vía Campesina, *¡Globalicemos la lucha, globalicemos la esperanza!*, [en línea], Dirección URL: <https://viacampesina.org/es/la-via-campesina-la-voz-las-campesinas-los-campesinos-del-mundo/>, [consulta 6 de marzo de 2018].

entre hombre y naturaleza y otorga la participación política a voces campesinas y comunidades indígenas frente a las políticas públicas y económicas en la materia. La Vía Campesina trabaja en todos los continentes y ha creado escuelas para la generación de información y transferencia de conocimiento en relación a las prácticas agroecológicas.

En el ámbito académico, SOCLA, institución fundada en 2007, es uno de los centros de generación de conocimiento en relación a la agroecología más importantes del mundo, pues retoma e intercambia experiencias de las prácticas tradicionales en América Latina.

La agroecología surge pues, por parte de clases no empoderadas como respuesta contraria a la agroindustria. Involucra a una multiplicidad de actores, conocimientos e identidades bajo un mismo fin: la agricultura sustentable, entendida esta como la preservación y cuidado del medio ambiente que atiende a las necesidades de forma racional del ser humano.

La agroecología se puede conjugar con esquemas de mercado diferentes como lo es el comercio justo (o solidario).

3.4.2. Comercio justo/solidario

El comercio justo es una asociación voluntaria en donde agricultores de un determinado producto ofrecen sus productos a precios justos, establecidos por el valor de su trabajo, por los insumos requeridos y asegurando el cuidado al medio ambiente además de salvaguardar el bienestar social de estos pequeños productores marginados.

Fair Trade International, es la principal organización en tal sentido que ha definido una serie de principios para otorgar reconocimiento a aquellas comunidades, asociaciones y/o organizaciones dentro del comercio justo. Dichos principios son:




- El acceso al mercado de los pequeños agricultores, busca impulsar las formas tradicionales de producción y eliminar intermediarios en el proceso de compra-venta del producto para evitar el abaratamiento de los precios del lado del productor.
- Relaciones comerciales sostenibles y equitativas, esto hace referencia a los precios establecidos por parte del productor, quien al igual que el comprador, debe estar consciente que los precios y las condiciones de pago deben ser en función del cuidado del medio ambiente, el trabajo, esfuerzo, calidad y bienestar social de las comunidades, así como las inversiones necesarias para el futuro.
- Desarrollo de capacidades y empoderamiento. Es importante que aquellos grupos marginados puedan tener acceso a estos mecanismos para que puedan desarrollar una mayor participación económica y política.
- Sensibilización de los consumidores e incidencia política. La visión del consumidor en relación a lo que consume, cómo lo hace y qué necesita, así como una sensibilización hacia el valor del medio ambiente y el trabajo tienen que cambiar para que el comercio justo pueda ser realmente justo.
- El comercio justo como un “contrato social”, los consumidores al comprar a través del comercio justo, aceptan pagar precios más justos y ofrecen ayuda para el desarrollo de capacidades en las comunidades o con los productores agrícolas. Por parte de los productores estos deben dirigir los recursos a los más necesitados y obteniendo beneficios sociales, de esta manera, “el Comercio Justo no es caridad sino una asociación para el cambio y el desarrollo a través del comercio”.¹⁶⁵

De acuerdo con la organización Fairtrade, el comercio justo en 2016 tuvo gran éxito sobre todo en productos como el plátano y el café en donde más del 50% de las ventas correspondieron a la venta del café etiquetado como orgánico frente al café

¹⁶⁵ World Fair Trade Organization, Fairtrade Labelling Organizations International, *Carta de los principios del comercio justo*, [en línea], 2009, Dirección URL: http://www.fairtrade-advocacy.org/images/FTAO_charters_3rd_version_ES_v1.3.pdf, [consulta: 12 de marzo de 2018].

convencional (ver Tabla 6). Considerando el abanico de productos que la organización ha logrado conjuntar, se han beneficiado más de 1.3 mil millones de pequeños productores en 2016.

Tabla 6. Estimación de ventas de productos a través de Fairtrade en 2016

Producto	Volumen	Unidad	Incremento	Convencional	Orgánico
 Plátano	579,081	TM	↑ 5%	42%	58%
 Cacao (grano)	136,743	TM	↑ 34%	83%	17%
 Café (grano)	185,819	TM	↑ 3%	43%	57%
 Algodón (fibra)*	8,125	TM	↓ -4%		
 Plantas y flores	829,101	1,000 artículos	↑ 5%	100%	
 Caña de azúcar	166,560	TM	↑ 7%	76%	24%
 Té (camellia sinensis)	12,123	TM	↑ 5%	77%	23%

Notas:

1. Los volúmenes reportados son de las ventas a través de Fairtrade
2. Los volúmenes para estos siete productos corresponden al 90% de los productores del sistema del Fairtrade

*Los datos de las ventas del algodón orgánico *vis à vis* el algodón convencional no se encuentra disponible.

TM = Toneladas métricas

Fuente: Fairtrade International, *Creating innovations, scaling up impact. Annual Report 2016-2017*, [en línea], Dirección URL: <https://annualreport16-17.fairtrade.net/en/>, [consulta: 10 de marzo de 2018].

Existen varias certificadoras además de Fairtrade, como Ecocert e IMO-Fair for Life de Francia y Naturland Fair de Alemania. En México, existe la etiqueta Comercio Justo México. En 2003 se creó una iniciativa por parte de esta misma organización, Nuestro Maíz, que funciona como una marca para las tortillerías.¹⁶⁶ Aunque no hay mayor información acerca de los grupos beneficiados, el tema del maíz debería ser atendido debidamente al menos en México derivado de su importancia en la diversidad del país y como parte de la soberanía alimentaria.

¹⁶⁶ Pierre William Johnson, *Sellos de garantía y dinámicas del comercio justo en México*, [en línea], Dirección URL: http://base.socioeco.org/docs/mexico_resumen.pdf, [consulta: 12 de marzo de 2018].

3.4.3. CRISPR

Por otra parte, es necesario mencionar que también se ha desarrollado una nueva tecnología denominada CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, en español “Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas”) la cual es una técnica de edición o modificación de un gen de cualquier ser vivo. CRISPR puede desactivar un gen o bien, sustituir la secuencia de un gen defectuoso por la secuencia correcta para evitar una determinada enfermedad. Esta tecnología puede prometer tanto evitar enfermedades del maíz como evitar el cáncer en un embrión humano.

Para aplicar la técnica de CRISPR se debe dañar al ADN, esto es, se debe romper para que luego pase por un proceso de reparación artificial, no natural. Para esta reparación se tiene una proteína llamada CAS9 y un ARN guía (específico de la secuencia del ADN que se busca editar), juntos combinados representan CRISPR. El ARN guía busca el espacio del ADN en donde coincidir y cuando lo encuentra se entrelaza con el ADN y el CAS9 rompe con el ADN, para repararlo, se necesita entonces una pieza homóloga de ADN, es decir un cromosoma, una vez insertado éste, la secuencia de ADN se une y se recupera eliminando la parte defectuosa.¹⁶⁷

El caso específico de CRISPR se presenta como una alternativa a los transgénicos dentro de la comunidad científica, no porque sea una herramienta diferente a la transgénesis, sino porque es un proceso más barato y fácil. Sin embargo, no resuelve en nada las interrogantes de los organismos genéticamente modificados, pues genera todavía más preguntas e incertidumbres, por ejemplo, ¿qué pasaría en el hipotético caso de que la técnica pueda fallar?, es decir, ¿cómo se podría revertir el proceso? De nuevo, frente a esta tecnología nos encontramos en un cuestionamiento hacia la ética y racionalidad de la ciencia que implica nuevas incertidumbres no sólo en el empleo de las nuevas tecnologías, sino en el modo del

¹⁶⁷ Ellen Jorgensen, *What you need to know about CRISPR*, [video en línea], TED talks, 2016, Dirección URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1BXYSGepx7Q>, [consulta: 11 de marzo de 2018].

empleo y cómo puede afectar a diversos actores. La técnica de CRISPR nos lleva al mismo camino de los transgénicos.

En este apartado se demostró que existen alternativas realmente sostenibles y a partir de movimientos sociales que se conjugan con el conocimiento tradicional, el cual ha sido menospreciado en muchas ocasiones pero que ha sido incluso la base para la ciencia hoy en día. Las prácticas agroecológicas combinadas con esquemas de mercado diferentes pueden funcionar para poder aprender y desarrollar valores diferentes (no meramente económicos) y para reconocer la otredad y asumirnos como elementos parte de un sistema natural mas no como algo ajeno o por encima de ello.

La importancia de mencionar a CRISPR como una alternativa (que en realidad no lo es), es para demostrar que procesos tecnológicos y científicos continuarán avanzando y así debe ser, pero estos han rebasado por mucho la capacidad de la sociedad para asimilar la ciencia, cuestionarla, crear regulaciones en torno a los avances, identificar incertidumbres, reconocer riesgos (ambientales, sociales, económicos, políticos) y aceptar que se mueve y opera dentro de una lógica capitalista. No ha sido posible determinar riesgos y establecer principios éticos y regulaciones en torno a los organismos genéticamente modificados y ya se ha desarrollado otra nueva tecnología que más que ser una alternativa, representa un paso científico a los organismos genéticamente modificados.

Reflexiones finales

Las sociedades actuales se encuentran inmersas en un contexto de constante y creciente estrés ambiental, mismo que conlleva a una crisis. Es cierto que la actividad humana ha provocado grandes cambios en los ecosistemas desde sus inicios, pero las modificaciones experimentadas a partir de la revolución industrial ahondaron y aceleraron dichas transformaciones. Esta crisis ambiental se enmarca en una crisis de civilización y esta última es consecuencia de un modo de producción capitalista cuyo fin último es la acumulación de capital.

El problema en este sentido, radica en la capacidad que el capitalismo ha tenido para reproducirse y adaptarse en la sociedad a través de las clases dominantes, incluso es capaz de asumir la crisis ambiental a través del mercado. Esto es, toma ventaja de los daños ambientales para, a partir de nuevos productos, resarcirlos en apariencia. Al mismo tiempo y derivado de la acumulación de capital, construye necesidades y agrava problemas como el hambre. A lo largo de esta investigación, se pudo observar que el hambre, entendida como un problema a nivel internacional que impacta de manera severa en poblaciones en calidad de escasos recursos, no es más que una consecuencia de la lógica del ritmo de consumo, la calidad de la producción y distribución de los alimentos.

Las formas de producción de los alimentos han ocasionado que las sociedades sean altamente dependientes de unos cuantos cereales y que los alimentos no sean de la calidad que debieran ser. El ritmo de consumo de alimentos per cápita en países desarrollados es superior al ritmo en países menos desarrollados. La ingesta excesiva y desperdicio de alimentos por un lado y la falta de ingesta e inaccesibilidad de alimentos por otro, se correlaciona directamente con la distribución de los mismos.

La calidad de los alimentos es de vital importancia para garantizar la nutrición en la población. Esta viene dada por la calidad del suelo y las condiciones climáticas, así

como las prácticas utilizadas en la agricultura y no por insumos agrícolas que afectan al medio ambiente.

La importancia de producción de transgénicos radica en las necesidades creadas de una escasez inexistente para poblaciones que no las pueden adquirir, esto es lo que marca el trasfondo que satisface al mercado para la generación de capital, hecho que quedó consolidado en la Revolución Verde.

El desarrollo de nuevas tecnologías en la agricultura se fijó en función de mejorar la dinámica del mercado y no en la de solventar el hambre. Esto se refleja en los monopolios creados por parte de las empresas biotecnológicas cuya injerencia en los países en desarrollo sobrepasa, en la mayoría de los casos, las regulaciones nacionales y atenta contra comunidades de pequeños y medianos productores.

La biotecnología significó un cambio rotundo en la forma de producción de los alimentos a través del uso de semillas transgénicas, por lo mismo, también constituye un elemento de incertidumbre y riesgo frente al desconocimiento que ocasiona en las posibles repercusiones ambientales que pueda generar. Para entender dichas repercusiones, el abordaje del metabolismo social rural y las fronteras ecológicas fueron imprescindibles.

En lo que respecta al metabolismo social rural, este concepto nos ayuda, en primer lugar, a entender que la estructura de nuestras relaciones se establece en subsistemas socioeconómicos dentro de un sistema natural que abarca un todo. El hombre transforma el sistema para satisfacer los subsistemas, pero justo en esa relación hay inconsistencias generadas por la acción del propio hombre. El sistema natural es modificado y explotado, por lo que sus procesos (metabolismo) afectan a los subsistemas y al propio sistema. Lo anterior, representa una fractura metabólica que genera un efecto de inestabilidad e insostenibilidad.

La contradicción se genera en las estructuras socioeconómicas, en donde el modo de producción demanda mayores recursos para el mercado. En esta relación, el ser humano es el centro de las transformaciones en la naturaleza para satisfacer las necesidades de las sociedades. Dado que la humanidad es un elemento intrínseco de la propia naturaleza, entonces la fractura metabólica es resultado de lo que conocemos como la explotación de la naturaleza por la naturaleza.

Con base en lo anterior, a lo largo de la investigación se pudo observar que la introducción de maíz transgénico es un producto que trastoca el metabolismo social rural y se constituye como un elemento más de ruptura en el metabolismo de las sociedades rurales. Las variables estudiadas como la AHPPN, la huella del agua virtual y la energía demuestran que el metabolismo social rural reacciona inmediatamente ante la intensificación de la agricultura, por ende, lo mismo sucede con la implementación de cultivos transgénicos.

La implementación de los transgénicos bajo la dinámica del mercado ejerce una gran presión sobre las tierras de cultivo para que gran parte de la producción sea utilizada como consumo de ganado que, eventualmente, será para el consumo humano. Del mismo modo, los transgénicos *per se* demandan una mayor energía y con la intensificación de la producción que vino aparejada a la Revolución Verde, la energía requerida es todavía mayor. Adicionalmente, cuando la introducción de maíz transgénico se somete al proceso de acumulación de capital y los metabolismos sociales rurales se interrelacionan con los urbanos, los procesos de producción, consumo y generación y manejo de residuos se vuelve complejo. La dinámica en el metabolismo social rural se acelera, se desestabiliza y se fractura a partir del momento en que la razón de ser del maíz transgénico es la generación de ganancia con el objetivo de continuar reproduciendo el modo de producción capitalista.

Por su parte, las fronteras ecológicas estructuran límites frente a la presión ambiental, cuando lleguen a rebasarse, el escenario de incertidumbre acerca de los

daños irreversibles en el ambiente, la resiliencia de las sociedades y las consecuencias que todo ello ocasione conforman el punto central de la necesidad de mantenerse dentro de esos límites planetarios para garantizar la estabilidad del sistema natural y el óptimo desarrollo de las personas. Cada frontera planteada es relevante para entender la complejidad de los daños al sistema, sus sinergias y sus potenciales respuestas o soluciones integrales. Las fronteras ecológicas son un llamado para dar cuenta de la finitud de los recursos naturales, más aún, considerando la fractura metabólica.

Asimismo, en el caso de las fronteras ecológicas el maíz transgénico logra impactar en cada una de ellas de forma negativa. La complejidad del sistema y de las relaciones en el mismo, provoca un efecto de sinergias entre las fronteras con la utilización de transgénicos. No es posible disociar a las fronteras planetarias, mucho menos los cambios generados en ellas por la introducción del maíz transgénico. Las actividades de la agricultura industrial son un gran catalizador del cambio climático, transforma y demanda más extensiones de tierra. Además, requiere de grandes cantidades de agua para los procesos productivos y contribuye a la acidificación de los océanos debido a los insumos utilizados en el campo (fertilizantes, insecticidas, pesticidas, etc.). Todo esto, ocasiona a su vez serias consecuencias en los flujos biogeoquímicos. El maíz transgénico ha demostrado que no es efectivo en la reducción de químicos, ni en la disminución del uso de suelos, en cambio sí ha logrado penetrar en la agricultura motivando a productores a tener mejores rendimientos a partir de la homologación de sus cultivos, aumentando el riesgo de la pérdida de la biodiversidad del maíz.

Hay algo particular en el caso de los transgénicos y es que se convierte en parte de una frontera ecológica, como lo es la liberación de nuevas entidades. Ello, es el resultado de la cadena de riesgos e incertidumbres ambientales a raíz de su implementación. Las afectaciones del maíz transgénico ocurren de manera transversal y compleja en las fronteras planetarias.

De esta forma, se comprueba entonces la fractura metabólica del sistema y la aproximación hacia el riesgo de sobrepasar las fronteras ecológicas con la introducción de maíz genéticamente modificado. Un poco más allá, el maíz transgénico también significa la liberación de una nueva entidad, entra en el esquema de una frontera planetaria que no tiene límite establecido hasta ahora, pero que es necesario considerarla dadas las incertidumbres científicas y de aplicación que representan.

En México, el maíz es algo más que un alimento, es un elemento identitario, se reproduce a través de las generaciones para reproducir también una determinada cultura. Su valor de uso está muy por encima de su valor económico y su papel en la biodiversidad del país es igual de relevante.

México es un país de origen y diversificación del maíz. El maíz transgénico que hasta el momento se ha producido por parte de las grandes empresas biotecnológicas nada tiene que ver con el contexto mexicano, es decir no atiende necesidades productivas del campesinado en el país.

La introducción del maíz genéticamente modificado en el país ha conllevado conflictos ambientales y luchas incesantes entre comunidades y campesinos contra el sector privado y las entidades de gobierno. La siembra de maíz transgénico implica riesgos sociales pues se rompe con esquemas sociales de producción, de cultura, de identidad y de alimentación que irrumpen cada metabolismo rural y alteran las fronteras ecológicas. En ese sentido, destaca la importancia de la soberanía y la seguridad alimentarias en las poblaciones rurales e indígenas, la revalorización de culturas y conocimientos milenarios, así como también de la diversidad biológica. Cuando las políticas públicas y de desarrollo están estructuradas para clases dominantes, en el caso del campo, para los grandes agricultores (agroindustria), entonces la participación política se reduce. Cuando el esquema de reproducción de clases prevalece, la desigualdad se sesga todavía más y se suprime cualquier otra forma de reproducción cultural.

Lo anterior, se observó en los estudios de caso. En Sinaloa y Oaxaca se presentan numerosos casos de conflictos ecológicos por la introducción de los transgénicos. En Sinaloa al ser un productor de escala industrial, muestra menos reticencia frente al maíz transgénico por la productividad que tienen que generar para abastecer el mercado. Además, el estado no se caracteriza ser el más diverso cultural y biológicamente. Por su parte, Oaxaca contrasta en las variedades de maíz que se siembran y por la relación que mantiene esta diversidad biológica con las distintas comunidades indígenas que en el estado habitan. No es casualidad esta relación, la diversidad biológica es demostración de la reproducción de una diversidad cultural. Los conflictos sociales en este estado son más propensos a gestarse en torno a la introducción del maíz transgénico, ya que las comunidades indígenas de la región tienen la intención y poseen el derecho de continuar con su reproducción cultural a través de la siembra de las variedades de maíz que de ellos emanan. La cuestión aquí, radica en la negación por parte de grupos dominantes de otorgarles participación política y en el manejo de la información que impide una idea clara acerca de los beneficios y desventajas de los transgénicos.

La falta de claridad en las políticas públicas, una legislación laxa, los vacíos legales y las instituciones débiles y empresas en constante acecho, hacen un escenario propicio para la introducción de maíz transgénico en México bajo la vía legal e ilegal.

No se puede menospreciar el hecho de que también existe una presión enmarcada en el comercio internacional impuesta sobre todo en los grandes productores nacionales. El que sea permitido la utilización de transgénicos, como en el caso de Argentina, supone una desventaja competitiva para el comercio de nuestro país. Cuando los grandes agricultores encuentran este hecho como una desventaja para ellos, entonces comienzan a ejercer presión para que también sea aprobada la siembra comercial de maíz transgénico en el país. Aquí, también se puede observar una vez más que con el afán de satisfacer el mercado, los impactos ambientales y valores culturales pasan a segundo término.

La introducción de transgénicos no representa una solución a los problemas de producción del maíz en México porque no fueron desarrollados para el contexto del campo mexicano, en cambio, el maíz fue modificado en función de atender los problemas del campo en Europa. Mientras las soluciones a plagas en México pueden ser controladas y erradicadas con métodos más naturales, el maíz transgénico es prescindible.

Por otra parte, las necesidades del maíz en materia de consumo humano pueden quedar muy bien abastecidas considerando la distribución de la producción. Si tan sólo una mayor proporción del maíz no fuese exportada ni dedicada a la ganadería, más personas podrían ser alimentadas. Lo anterior, implica un cambio en la dieta alimentaria, es decir, una reducción en el consumo de carne por un incremento en el consumo de maíz e incluso de otros cultivos que sean compatibles con la siembra del maíz en un sistema de milpa. En términos ambientales es una posibilidad viable, en términos de salud es recomendable, en términos sociales (productores medianos y pequeños) significaría el respeto hacia su soberanía alimentaria. No obstante, no es una opción benéfica para los grandes agricultores dado el mercado al que ellos llegan y las cantidades que venden. Además, la ganadería se vería afectada comercialmente por la reducción de alimentos para el ganado. De esta forma, el mercado vuelve a impedir soluciones diferentes.

La diversidad biológica de maíz en México debería preservarse por encima de cualquier mercado, pues es también una diversidad cultural y seamos afines o no a esas culturas, tienen su derecho de existir.

El tema del maíz transgénico nos lleva a una discusión transdisciplinaria de la ciencia y a un cuestionamiento de la ciencia en sí. Supone también, una interrogante al esquema de producción, a los recursos que demandamos y necesitamos. Además, nos obliga a reflexionar sobre una crisis civilizatoria y a la ruptura entre el hombre y la naturaleza, que derivó en la objetivación y cosificación del entorno natural.

Mientras la racionalidad de la ciencia sea capitalista, resulta complicado transitar hacia formas diferentes de pensamiento. La ética de la ciencia también resulta afectada al estar sometida a esta lógica y no la ciencia ni la racionalidad a la ética. Ahí radica el cuestionamiento de la utilidad particular del maíz transgénico, la ciencia ha dejado de responder a necesidades humanas para responder a las necesidades de un mercado y cuando esto sucede, la sociedad se convierte en su propio riesgo, pues ya no se busca un acercamiento a una objetividad, sino que se crean falsas verdades.

Ante los transgénicos surgen alternativas que pretenden cambiar el modo de producción de los cultivos, otorgando valores diferentes al uso de la tierra y tratando de preservar la diversidad en todas sus aristas. Del mismo modo, también hay alternativas que el mismo mercado presenta para renovarse en la dinámica del capitalismo y que continúan bajo el mismo fin de la generación de ganancia.

Así pues, el comercio justo y solidario son una manera de establecer lineamientos entre productores y consumidores mejores pagados de acuerdo con el trabajo realizado para la producción de los alimentos, del mismo modo, se busca que la producción no impacte tanto en el entorno natural, propiciando el desarrollo de los pequeños productores. El comercio justo es resultado de la desigualdad en las relaciones determinadas por las empresas de bienes de consumo entre ellas y comunidades campesinas.

Del mismo modo, la agroecología se detona en las comunidades indígenas y pequeños productores campesinos como un movimiento contestatario frente a la mecánica del capitalismo. La agroecología reúne prácticas para la producción alimentaria considerando, en primera instancia, la soberanía de los productores y la relación armónica con la naturaleza, priorizando valores de uso por encima de valores económicos. Este movimiento es una alternativa que inicia desde abajo, es decir, no es impuesta por parte de grupos dominantes ni por parte de políticas

gubernamentales, es una herramienta de empoderamiento de campesinos que promueve la pluralidad de ideas y técnicas en el campo.

En contraste, CRISPR se maneja como una alternativa, pero resulta ser una alternativa dada a partir del cuestionamiento de las sociedades contra de los transgénicos, es un método que busca socavar las interrogantes, pero que en realidad genera más preguntas. Es una alternativa propuesta desde arriba donde se trata de renovar los mecanismos de producción de alimentos siguiendo la tónica de la revolución verde y por consiguiente de la acumulación de capital. De esta manera, a la par de que se van generando movimientos y alternativas de grupos campesinos, las empresas biotecnológicas continúan trabajando para generar productos que atiendan sus necesidades, sin todavía entender el trasfondo de los movimientos y de la búsqueda de otras opciones para dejar de seguir reproduciendo un modelo social desigual y aversivo a la naturaleza.

Repensar la ciencia, repensar al ser humano y repensar a la naturaleza es pues el mayor reto que enfrentamos.

Referencias

Fuentes bibliográficas

- Ainsworth, Elizabeth A.; Yendrek, Craig R.; *et al.*, “The Effects of Tropospheric Ozone on Net Primary Productivity and Implications for Climate Change”, *Annual Review of Plant Biology*, vol. 62, 2012, 637-661 pp.
- Altieri, Miguel A., “Escalonando la propuesta agroecológica para la soberanía alimentaria en América Latina”, *Agroecología*, núm. 4, 2009, 48 pp.
- _____, (ed.), *Historia de la Agroecología en América Latina y España*, Berkeley, California, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), 2017, 114 pp.
- Álvarez-Buylla, Elena R.; Piñeyro Nelson, Alma; (coords.), *El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México*, México, UNAM, CEIICH, UCCS, 2013, 567 pp.
- Astier, C.M.; Argueta, Q.; Orozco-Ramírez, Q.; González, S.M.V.; *et al.*, “Historia de la agroecología en México”, *Agroecología*, núm. 10, México, 2015, 7-17 pp.
- Banco Mundial, *Global Monitoring Report 2015/2016: Development Goals in a Era of Demographic Change*, Washington, D.C., Estados Unidos, Banco Mundial, 2016, 283 pp.
- Bárcena, Alicia; Katz, Jorge; Morales, César; Chaper, Marianne (ed.), *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Chile, CEPAL, 2004, 396 pp.
- Bedoya, Claudia A; Chávez Tovar, Víctor, “Teocintle: el ancestro del maíz”, *Claridades Agropecuarias*, núm. 210, mayo, 2010, 32-42 pp.
- Boege, Eckart, *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2008, 342 pp.
- CDI, *Programa Especial de los Pueblos Indígenas 2014-2018*, México, 2014, 97 pp.

- Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, *México: una década de resistencia social contra el maíz transgénico*, 2011, 24 pp.
- CIMMYT, *Annual Report 2015. Building resilience to risk*, México, CGIAR, 2016, 47 pp.
- _____, "Assessing the Benefits of International Maize Breeding Research: An Overview of the Global Maize Impacts Study", *World Maize Facts and Trends*, CYMMIT, 2000, 26 pp.
- Committee on the Development of an Integrated Science Strategy for Ocean Acidification Monitoring, Research, and Impacts Assessment, *Ocean Acidification. A national strategy to meet the challenges of a changing ocean*, Estados Unidos, The National Academy Press, 2010, 188 pp.
- Delgado Ramos, Gian Carlo (coord.), *Buena vida, buen vivir: imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad*, México, UNAM-CEIICH, Colección Debate y Reflexión, 2014, 443 pp.
- _____, "Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano", *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, núm. 17, marzo 2015, 108-130 pp.
- Dunn, Jennifer B; Mueller, Steffen; Kwon, Ho-young; Wang, Michael Q, "Land-use change and greenhouse gas emissions from corn and cellulosic ethanol", *Biotechnology for Biofuels*, vol. 6, núm. 51, 2013, 13 pp.
- FAO, *Estudio Mundial del Recurso Suelo (ERMS)- Resumen Técnico*, FAO y Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos, 2016, 79 pp.
- _____, *Panorama de la Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe*, FAO, 2015, 66 pp.
- _____; FIDA; PMA, *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*, Roma, FAO, 2015, 61 pp.
- _____, *Maize. Post-harvest operations*, FAO, 2003, 99 pp.
- FIRA, *Panorama agroalimentario. Maíz 2015*, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial, FIRA, 36 pp.

- Fischer-Kowalski, Marina; Haberl, Helmut, “El metabolismo socioeconómico”, *Revista del Sur*, “Ecosistemas humanos y biodiversidad”, Uruguay, Instituto del Tercer Mundo, 4 de agosto de 2000, 21-33 pp.
- García Jiménez, Abraham; Toscana Aparicio, Alejandra, “Presencia de maíz transgénico en la Sierra Norte de Oaxaca. Un estudio desde la mirada de las comunidades”, *Sociedad y Ambiente*, núm. 12, México, noviembre, 2016, 119-144 pp.
- GRAIN, *UPOV 91 y otras leyes de semillas: guía básica acerca de cómo las grandes empresas semilleras intentan controlar y monopolizar las semillas*, GRAIN, 2015, 19 pp.
- Haberl, Helmut; *et al.*, “A Socio-metabolic Transition towards Sustainability? Challenges for Another Great Transformation”, *Sustainable Development*, 19, abril 2009, 14 pp.
- Holt-Giménez, Eric, *Campesino a Campesino: Voces de Latinoamérica Movimiento Campesino para la Agricultura Sustentable*, Managua, Nicaragua, SIMAS, Food First Books, 2008, 294 pp.
- IPCC, *Cambio Climático 2013. Bases científicas*, PNUMA, OMM, 2013, 27 pp.
- Imhoff, M.L.; Bounoua, L.; Ricketts, T.; *et al.*, “Global patterns in human consumption of net primary production”, *Nature*, núm. 429, 2004, 870-873 pp.
- Jardón, Lev, “De la evolución al valor de uso, ida y vuelta: exploraciones en la domesticación y diversificación de plantas”, *INTERdisciplina*, vol. 3, núm. 5, “Dossier”, UNAM-CEIICH, enero-abril 2015, 99-129 pp.
- _____, “La lucha por las semillas: el gris de la conquista y la policromía de la resistencia”, *Rebeldía*, año 8, núm 71, 2010, 59-69 pp.
- _____, “Más allá del pensamiento tipológico y la cosificación: las variedades locales de cultivos como proceso biosocial”, *INTERdisciplina*, vol. 4, núm. 9, “Dossier” UNAM-CEIICH, mayo-agosto 2016, 29-49 pp.
- Kloppenburg, Jack Ralph, Jr., *First the Seed: The Political Economy of Plant Biotechnology, 1492-2000*, University of Wisconsin Press, Science and Technology in Society, 2005, Segunda edición, 468 pp.

- Laffoley, Daniel d'A; Baxter, J.M. (eds.), *Ocean Acidification: Questions Answered*, Ocean Acidification Reference User Group, European Project on Ocean Acidification (EPOCA), 2010, 24 pp.
- Leff, Enrique, *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, México, Siglo XXI, 2004, 509 pp.
- López Herrera, Agustín, “La incorporación de México en la UPOV y sus consecuencias”, *Revista de Geografía Agrícola*, Universidad Autónoma Chapingo, México, 205-210 pp.
- Lubowski, Ruben N.; Bucholtz, Shawn; Claassen, Roger; *et al.*, *Environmental Effects of Agricultural Land-Use Change. The role of economics and policy*, Estados Unidos, USDA, 2006, 75 pp.
- Martínez-Alier, Joan, “Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: Concepto y evolución histórica”, *Economía industrial*, núm. 351, 2003, 15-26 pp.
- Marx Karl, *El capital. Crítica de la economía política*, Tomo I (libro primero), vol. 2, México, Siglo XXI, 2009, 758 pp.
- Massieu Trigo, Yolanda Cristina; Chauvet, Michelle; Castañeda Zavala, Yolanda; *et al.*, “Consecuencias de la biotecnología en México: el caso de los cultivos transgénicos”, *Sociológica*, año 15, núm. 44, septiembre-diciembre, 2000, 133-159 pp.
- Mekonnen, M.M.; Hoekstra, A.Y., “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products”, *Value of Water Research Report Series*, núm. 47, UNESCO-IHE, 2010, Delft, the Netherlands, 1600 pp.
- NCGA, *World of Corn 2017*, NCGA, 2017, 9 pp.
- OECD, *Consensus Document on the Biology of Zea mays subsp. mays (Maize)*, OECD Environment, Health and Safety Publications, Paris, 2003, 49 pp.
- Oxfam, *Una economía al servicio del 1%*, Reino Unido, Oxfam GB, 2016, 52 pp.

- Pajares Moreno, Silvia, “La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas”, *Oikos*, núm. 16, México, Instituto de Ecología de la UNAM, agosto 2016, 39 pp.
- Pérez Verdi, Raúl, “Ambientalismo y desarrollo sustentable: tramas del sistema capitalista”, *LiminaR*, vol. 9, núm. 2, México, diciembre 2011, 181-199 pp.
- Pingali, Prabhu L., *Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead*, Bill and Melinda Gates Foundation, Agricultural Development (PNAS), Seattle, julio, 2012, vol. 109, núm. 31, 1230-12308 pp.
- Ranum, P.; Peña-Rosas, J. P.; Garcia-Casal, M. N., “Global maize production, utilization, and consumption”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2014, 105-112 pp.
- Secretaría del Convenio sobre de Diversidad Biológica, *Perspectiva sobre la Diversidad Biológica 3*, Montreal, 2010, 94 pp.
- Sevilla Guzmán, Eduardo; Woodgate, Graham, “Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica”, *Agroecología*, vol. 8, núm. 2, 2013, 27-34 pp.
- _____, Woodgate, Graham (ed.); Redclift, M. (ed.), “Sustainable rural development: From industrial agriculture to agroecology”, *The international handbook of environmental sociology*, 1997, 512 pp.
- Schmidt, Eckart Boege, “Centros de origen, pueblos indígenas y diversificación del maíz”, *Ciencias*, Veracruz, INAH, núm. 92-93, octubre 2008-marzo 2009, 18-28 pp.
- Steffen, Will; Richardson, Katherine; Rockström, Johan; *et al.*, “Planetary Boundaries: Guiding human development on a changing planet”, *Science*, vol. 347, Issue 6223, “Research Articles”, American Association for the Advancement of Science (AAAS), 13 de febrero de 2015, 719-736 pp.
- Stephenson, G.A.; Solomon K.R., *Pesticides and the Environment*, Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 1993.

- Subcomandante Marcos, E.Z.L.N., *7 piezas sueltas del rompecabezas mundial*, 1997, 50 pp.
- Tai, Amos P. K.; Val Martin, Maria; Heald, Colette L., "Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution", *Nature Climate Change*, núm. 4, 2014, 817-821 pp.
- Third World Network; Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), *Agroecology: Key concepts, principles and practices*, Third World Network y SOCLA, Malaysia, 2015, 46 pp.
- Toledo, Víctor M., *Ecocidio en México. La batalla final es por la vida*, México, Grijalbo, 2015, 176 pp.
- Toledo, Víctor M., "El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica", *Relaciones*, núm. 136, México, otoño 2013, 41-71 pp.
- WWF, *WWF living forests report: Chapter 5. Saving forests at risk*, Switzerland, 2015, 51 pp.

Fuentes electrónicas

- ACCIONA, *El deshielo en los Polos, en cifras*, [en línea], Dirección URL: <https://www.sostenibilidad.com/deshielo-polos>, [consulta: 1 de septiembre de 2016].
- Agrobio México, *Cultivos GM disponibles a nivel global*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrobiomexico.org.mx/disponibles/>, [consulta: 7 de junio de 2017].
- _____, *Tipos de cultivos GM en desarrollo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrobiomexico.org.mx/en-desarrollo/>, [consulta: 7 de junio de 2017].
- Alatorre, Raquel; Bravo, Hiram; Leyva, Jorge; et al., *Manejo Integrado de Plagas*, [en línea], SAGARPA, Dirección URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf>, [consulta: 11 junio de 2017].

- Altieri, Miguel A.; Funes-Monzote, Fernando R.; Petersen, Paulo, “Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty”, [en línea], *Agronomy for sustainable development*, INRA y Springer, 2011, Dirección URL: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2009/11/Altieri-Funes-Petersen-Palencia.pdf>, [consulta: 2 de marzo de 2018].
- Aragón Cuevas, Flavio, *Maíces nativos de Oaxaca*, Inifap-SAGARPA, 6 de septiembre de 2011, Dirección URL: http://conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/redes/redmexogm/eventos/foros/Autoridades/5-INIFAP_MAICES%20CRIOLLOS%20OAXACA.pdf, [consulta: 14 de agosto de 2017].
- Araiza, Adrián, “¿Los transgénicos en verdad pueden combatir el hambre en el mundo?”, [en línea], *Forbes.com*, Dirección URL: <http://www.forbes.com.mx/los-transgenicos-en-verdad-pueden-combatir-el-hambre-en-el-mundo/#gs.Lbpwaf4>, 21 de octubre de 2015, [consulta: 14 de enero de 2017].
- Banco Mundial, *Bosques panorama general*, [en línea], Dirección URL: <https://www.bancomundial.org/es/topic/forests/overview>, abril 2016, [consulta: 10 de septiembre de 2016].
- _____, *Extracción anual del agua dulce*, [en línea], Dirección URL: <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS?end=2016&start=1965&view=chart>, [consulta: 25 de febrero de 2018].
- Bellamy Foster, John, *Marx y la fractura en el metabolismo universal de la naturaleza*, [en línea], Dirección URL: <http://www.herramienta.com.ar/herramienta-web-15/marx-y-la-fractura-en-el-metabolismo-universal-de-lanaturaleza>, [consulta: 17 de julio de 2018].
- Biodiversidad Mexicana, *Maíces*, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/maiz.html>, [consulta 22 de mayo de 2017].

- _____, *Razas de maíz en México*, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/razas2012.html>, [consulta: 30 de mayo de 2017].
- _____, *Teocintle*, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/teocintle2012.html>, [consulta: 24 de mayo de 2017].
- Carpintero, O., “La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico”, [en línea], *Ecosistemas*, vol. 16, núm. 3, septiembre 2007, pp. 25-36, Dirección URL: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/90/87>, [consulta: 22 de enero de 2018].
- CCA, *Maíz y biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México*, [en línea], 2004, Dirección URL: http://www.era-mx.org/biblio/Maize-and-Biodiversity_es.pdf, [consulta: 12 de enero de 2018].
- CDI, *Atlas de los Pueblos Indígenas de México*, [en línea], Dirección URL: http://www.cdi.gob.mx/atlas2015/?page_id=7225, [consulta: 16 de junio de 2017].
- _____, *Mapa nacional lenguas indígenas*, [en línea], Dirección URL: http://www.cdi.gob.mx/images/mapa_nacional_lenguas_indigenas_cdi.jpg, [consulta: 11 de junio de 2017].
- Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, *México: una década de resistencia social contra el maíz transgénico*, [en línea], Fundación GEKKO, Dirección URL: <http://www.ceccam.org/sites/default/files/Deicada%20resistbaja.pdf>, [consulta: 13 de marzo de 2016].
- Centro Virtual de Información del Agua, “El plato del buen comer”, [en línea], *agua.org.mx*, Dirección URL: <https://www.agua.org.mx/educadores/wp-content/uploads/2012/09/agua-virtual-plato.pdf>, [consulta: 24 de enero de 2018].
- CGIAR, *CGIAR: A systems approach to preserving biodiversity for food security, nutrition and environmental quality*, [en línea], CGIAR, febrero, 2017,

Dirección URL: <http://www.cgiar.org/consortium-news/cgiar-a-systems-approach-to-preserving-biodiversity-for-food-security-nutrition-and-environmental-quality/>, [consulta: 7 de marzo de 2017].

- Challenger, A.; Dirzo R.; et al., "Factores de cambio y estado de la biodiversidad", *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*, Conabio, México, 2009, 37-73 pp.
- CIRAD, *Agroecology*, [en línea], Dirección URL: <https://www.cirad.fr/en/our-research/research-topics/agro-ecology/resources>, [consulta: 2 de marzo de 2018].
- Comercio Justo México A.C., *Norma de Comercio Justo México*, [en línea], 2007, Dirección URL: <http://www.amisac.org.mx/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/Criterios-para-pequenos-productores.pdf>, [consulta: 10 de marzo de 2018].
- CONACYT, "Maíz", [en línea], *conacyt.mx*, Dirección URL: <http://www.conacyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>, [consulta: 25 de mayo de 2017].
- CONAGUA, *El agua virtual y la huella hídrica*, [en línea], Dirección URL: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Infograf%C3%ADa%20Huella%20H%C3%ADdrica.pdf>, [consulta: 22 de enero de 2018].
- CONEVAL, *Medición de la pobreza*, [en línea], Dirección URL: <http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobrezalncio.aspx>, [consulta: 15 de enero de 2017].
- _____, *Pobreza en México*, [en línea], 2016, Dirección URL: http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2016.aspx, [consulta: 30 de octubre de 2017].
- Coordination SUD (Solidarité - Urgence - Développement), *Répondre aux défis du XXIe siècle avec l'agro-écologie : pourquoi et comment ?*, [en línea], Agence Française de Développement, Dirección URL: https://www.avsf.org/public/posts/1342/rapport_c2a_agroecologie_avsf-gret_janvier2013.pdf, [consulta: 5 de marzo de 2018].

- Damián Huato, Miguel Ángel, “2018, la agroecología y la milpa”, [en línea], *Palabras agudas*, junio 2017, Dirección URL: <http://www.angulo7.com.mx/2017/06/25/2018-la-agroecologia-milpa-ii/>, [consulta: 20 de febrero de 2018].
- DCiencia. Ciencia para todos, *¿Qué es la tecnología CRISPR/Cas9 y cómo nos cambiará la vida?*, [en línea], Dirección URL: <http://www.dciencia.es/que-es-la-tecnologia-crispr-cas9/>, [consulta: 11 de marzo de 2018].
- DuPont, *Desafíos globales*, [en línea], Dirección URL: <http://www.DuPont.mx/corporate-fuctions/our-approach/global-challenges.html>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].
- El Economista, “DuPont y Dow aplazan fecha de fusión”, [en línea], *eleconomista.com.mx*, 31 marzo 2017, Dirección URL: <http://eleconomista.com.mx/fondos/2017/03/31/DuPont-dow-aplazan-fecha-fusion>, [consulta: 24 de abril de 2017].
- ETC Group, *Fusión entre Syngenta y ChemChina*, [en línea], febrero, 2016, Dirección URL: <http://www.etcgroup.org/es/content/fusion-entre-syngenta-y-chemchina>, [consulta: 22 de marzo de 2017].
- _____, *¿Quién nos alimenta? ¿la red campesina alimentaria o la cadena agroindustrial?*, [en línea], 2017, Dirección URL: <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/etc-quien-nos-alimentara-2017-es.pdf>, [consulta: 18 de enero de 2018].
- _____, *Who owns nature? Corporate Power and the Final Frontier in the Commodification of Life*, [en línea], Dirección URL: http://www.etcgroup.org/files/publication/707/01/etc_won_report_final_color.pdf, [consulta: 10 de abril de 2017].
- Excélsior, “Siembran maíz transgénico en Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Chihuahua”, [en línea], México, *excelsior.com*, 20 de febrero de 2011, Dirección URL: <https://www.excelsior.com.mx/node/715854>, [consulta: 14 de marzo de 2018].

- Fairtrade International, *Creating innovations, scaling up impact. Annual Report 2016-2017*, [en línea], Dirección URL: <https://annualreport16-17.fairtrade.net/en/>, [consulta: 10 de marzo de 2018].
- FAO, *Agroecología y Agricultura Familiar*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2018].
- ____, *Aquastat*, [en línea], Dirección URL: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/World-Map.WithA.Twith_eng.htm, [consulta: 27 de febrero de 2018].
- ____, *Centro de conocimientos sobre agroecología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/agroecology/es/>, [consulta: 5 de marzo de 2018].
- ____, *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>, [consulta: 23 de febrero de 2018].
- ____, *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 1964*, [en línea], FAO, 1964, 271 pp. Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/017/ap652s/ap652s.pdf>, [consulta: 19 de febrero de 2017]
- ____, *El maíz en la nutrición humana*, [en línea], Italia, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S0c.htm#Capitulo%208%20Mejora%20de%20las%20dietas%20a%20base%20de%20ma%20EDz>, [consulta: 22 de marzo de 2016].
- ____, *Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*, [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i1688s/i1688s.pdf>, [consulta: 22 de enero de 2018].
- ____, *Estado mundial del recurso suelo*, [en línea], 2016, Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>, [consulta: 12 de febrero de 2018].
- ____, *La deforestación se ralentiza a nivel mundial, con más bosques mejor gestionados*, [en línea], Dirección URL:

<http://www.fao.org/news/story/es/item/327382/icode/>, [consulta: 28 de mayo de 2016].

- ____, “Los fertilizantes en cuanto contaminantes del agua”, [en línea], *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídrico*, 1997, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm#Contents>, [consulta: 20 de febrero de 2018].
- ____, *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*, [en línea], FAO, 1997, Dirección URL: <http://www.fao.org/docrep/w2598s00.htm#Contents>, [consulta: 26 de marzo de 2017].
- Fitzgerald-Moore, P.; Parai, B.J., *The Green Revolution*, [en línea], Dirección URL: <http://people.ucalgary.ca/~pfitzger/green.pdf>, [consulta: 23 de abril de 2017].
- Forbes, “America’s Top Public Companies”, [en línea], *forbes.com*, Dirección URL: <https://www.forbes.com/companies/monsanto/>, [consulta: 11 de mayo de 2017].
- _____, “¿Los transgénicos en verdad pueden combatir el hambre en el mundo?”, [en línea], *forbes.com.mx*, 21 de octubre de 2015, Dirección URL: <http://www.forbes.com.mx/los-transgenicos-en-verdad-pueden-combatir-el-hambre-en-el-mundo/#gs.Lbpwaf4>, [consulta: 14 de enero de 2017].
- _____, “20% de los alimentos producidos en México se desperdician”, [en línea], *forbes.com.mx*, junio, 2013, Dirección URL: <https://www.forbes.com.mx/20-de-los-alimentos-que-se-producen-en-mexico-se-desperdician/>, [consulta: 1 de mayo de 2017].
- García Menéndez, José Ramón, “Productos transgénicos: efectos en el ambiente, la economía y la salud”, [en línea], *Comercio Exterior*, vol. 58, núm. 6, junio, 2008, Dirección URL: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/116/2/RCE2.pdf>, [consulta: 29 de abril de 2017].
- Genetics Home Reference, *What are genome editing and CRISPR-Cas9?*, [en línea], Dirección URL:

<https://ghr.nlm.nih.gov/primer/genomicresearch/genomeediting>, [consulta: 12 de marzo de 2018].

- Greenpeace Internacional, “México es el segundo país con más casos de contaminación transgénica en América”, [en línea], *greenpeace.org*, 29 de febrero de 2008, Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Noticias/2008/Febrero/mexico-es-el-segundo-pa-s-con/>, [consulta: 26 de octubre de 2017].
- Haas, Willi; *et al.*, *Social metabolism and accounting tools*, [en línea], Environmental Justice Organisations, Liabilities and Trade (EJOLT), Dirección URL: <http://www.ejolt.org/2012/11/social-metabolism-and-accounting-tools/>, [consulta: 3 de agosto de 2016].
- Haberl, Helmut; Heinz Erb, K.; Krausmann, Fridolin; *et al.*, *Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth’s terrestrial ecosystems*, [en línea], Proceedings of the National Academy of Sciences, 2007, Dirección URL: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704243104, [consulta: 14 de enero de 2018].
- Hablemos del campo, “Huella hídrica de producción en México”, [en línea], *hablemosdelcampo.com*, mayo 2015, Dirección URL: <http://www.hablemosdelcampo.com/nuestro-planeta/huella-hidrica-produccion-en-mexico>, [consulta: 24 de enero de 2018].
- ICTSD, “A review to WTO rules and GMO trade”, [en línea], *ictsd.org*, abril, 2015, Dirección URL: <http://www.ictsd.org/bridges-news/biores/news/a-review-of-wto-rules-and-gmo-trade>, [consulta: 14 de abril de 2017].
- IFPRI, *Green Revolution. Curse or Blessing?*, [en línea], Washington, D.C., Estados Unidos, IFPRI, 2002, Dirección URL: <http://www.ifpri.org/publication/green-revolution>, [consulta: 8 de marzo de 2017].
- INEGI, *Estadísticas a propósito del... día internacional de los pueblos indígenas (9 de agosto)*, 5 de agosto de 2016, Dirección URL: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/indigenas2016_0.pdf, [consulta: 14 de junio de 2017].

- _____, *Población, hogares y vivienda*, [en línea], Dirección URL: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>, [consulta: 28 de mayo de 2017].
- ISAAA, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*, [en línea], ISAAA, 2016, Dirección URL: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/pptslides/default.asp>, [consulta: 12 de mayo de 2017].
- _____, *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016*, [en línea], ISAA Brief núm. 52, ISAAA: Ithaca, Nueva York, 2016, Dirección URL: <http://www.isaaa.org/purchasepublications/itemdescription.asp?ItemType=BRIEFS&Control=IB052-2016>, [consulta: 9 de mayo de 2017].
- _____, *Los cultivos transgénicos muestran un crecimiento constante; beneficios obtenidos en 2014; la superficie sembrada en todo el mundo aumentó en 6 millones de hectáreas*, [en línea], ISAAA, Dirección URL: www.isaaa.org, [consulta: 17 marzo de 2017].
- _____, *Where are the Biotech Crops Grown in the World?*, ISAAA, Dirección URL: http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/infographic/pdf/B51-Infographic_PlantingCountries.pdf, [consulta: 18 de diciembre de 2016].
- James, Clive, *2014 ISAAA Report on Global Status of Biotech/GM Crops*, [en línea], ISAAA, Dirección URL: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pptslides/default.asp>, [consulta: 26 de abril de 2017].
- _____, *20 Aniversario de la Comercialización Global de los Cultivos Biotecnológicos/OGM: 1996:2015. Los diez hechos más importantes de los cultivos biotecnológicos/OGM en sus primeros 20 años, 1996 a 2015*, [en línea], ISAAA, Dirección URL: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/toptenfacts/pdf/B51-Top10Fatcs-Spanish.pdf>, [consulta: 7 de marzo de 2017].
- John Deere, *Variedades, calidad, exportaciones, producción y consumo nacional de maíz mexicano*, [en línea], Dirección URL:

<https://www.deere.com.mx/es/nuestra-compa%C3%B1a/medios-y-noticias/nuestras-novedades/2016/junio/consumomaiz-mexicano.html>, [consulta: 14 de diciembre de 2017].

- Johnson, Pierre William, *Sellos de garantía y dinámicas del comercio justo en México*, [en línea], Dirección URL: http://base.socioeco.org/docs/mexico_resumen.pdf, [consulta: 12 de marzo de 2018].
- La Vía Campesina, *¡Globalicemos la lucha, globalicemos la esperanza!*, [en línea], Dirección URL: <https://viacampesina.org/es/la-via-campesina-la-voz-las-campesinas-los-campesinos-del-mundo/>, [consulta 6 de marzo de 2018].
- Maluenda García, María José, *Máximos históricos en producción, consumo y stocks en maíz. Campaña 2014/2015*, [en línea], Dirección URL: <http://www.agrodigital.com/Documentos/maizmy15.pdf>, [consulta: 17 de abril de 2016].
- Martínez, María del Pilar, “Maíz transgénico daría mayor soberanía”, [en línea], México, *eleconomista.com.mx*, 21 de marzo de 2017, Dirección URL: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2017/03/21/maiz-transgenico-daria-mayor-soberania>, [consulta: 14 de mayo de 2017].
- Massieu Trigo, Yolanda Cristina, “Cultivos y alimentos transgénicos en México. El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas”, *Argumentos*, vol. 22, núm. 59, enero-abril, 2009, Dirección URL: <http://www.redalyc.mx/scr/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=59511412008>, [consulta: 27 de febrero de 2016].
- McDougall, Phillips, *The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait*, [en línea], 2012, Dirección URL: <https://croplife.org/wp-content/uploads/2014/04/Getting-a-Biotech-Crop-to-Market-Phillips-McDougall-Study.pdf>, [consulta: 18 de marzo de 2017].
- Ministère de l’Agriculture et de l’Alimentation (Francia), *Les fondamentaux de l’agro-écologie*, [en línea], Dirección URL:

<http://agriculture.gouv.fr/infographie-les-fondamentaux-de-lagro-ecologie>, [consulta: 5 de marzo de 2018].

- Monsanto, *Nuestro compromiso con la agricultura sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.monsanto.com/global/lan/quienes-somos/pages/nuestro-compromiso-con-la-agricultura-sustentable.aspx>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].
- Mullen, Jethro; Riley, Charles, “Bayer compra Monsanto por 66.000 millones de dólares”, [en línea], *cnnspanol.cnn.com*, septiembre 2016, Dirección URL: <http://cnnspanol.cnn.com/2016/09/14/bayer-compra-monsanto-por-66-000-millones-de-dolares>, [consulta: 19 de marzo de 2017].
- Nafría, Ismael, “Informe Gráfico: El hambre en el mundo”, [en línea], *lavanguardia.com*, 1 de junio de 2015, Dirección URL: <http://www.lavanguardia.com/vangdata/20150601/54431529291/informe-grafico-el-hambre-en-el-mundo.html>, [consulta: 13 de marzo de 2017].
- Narváez Lozano, Alfredo, “La batalla por el maíz”, [en línea], *nexos.com.mx*, marzo 2015, Dirección URL: <https://www.nexos.com.mx/?p=24286>, [consulta: 12 de enero de 2018].
- National Geographic, “What the world eats”, [en línea], *nationalgeographic.com*, Dirección URL: <http://www.nationalgeographic.com/what-the-world-eats/>, [consulta: 7 de mayo de 2017].
- National Wildlife Federation, *Land use change and biofuels*, [en línea], Dirección URL: http://international.nwf.org/wp-content/uploads/2016/07/Biofuels_Land_Use_Change_factsheet_v1_09-04-14.pdf, [consulta: 6 de marzo de 2018].
- NRDC, “Food waste”, [en línea], *nrdc.org*, Dirección URL: <https://www.nrdc.org/issues/food-waste>, [consulta: 2 de mayo de 2017].
- OCDE, FAO, *Perspectivas agrícolas 2017-2026*, [en línea], Paris, Éditions OCDE, 2017, 149 pp., Dirección URL: <http://www.fao.org/3/a-i7465s.pdf>, [consulta 14 de julio de 2018].

- OMC, *Propiedad Intelectual: protección y observancia*, [en línea], Dirección URL: https://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/tif_s/agrm7_s.htm, [consulta: 12 de marzo de 2017].
- O'Connor, James, “¿Es posible el capitalismo sostenible?”, [en línea], México, *Papeles de Población*, Universidad Autónoma del Estado de México, núm. 24, abril-junio, 2000, Dirección URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11202402>, [consulta: 7 de marzo de 2016].
- Patel, Raj; Moore, Jason, “How the chicken nugget became the true symbol of our era”, [en línea], *theguardian.com*, 8 de mayo de 2018, Dirección URL: <https://www.theguardian.com/news/2018/may/08/how-the-chicken-nugget-became-the-true-symbol-of-our-era>, [consulta: 14 de julio de 2018].
- Pichardo González, Beatriz, “La revolución verde en México”, *Agrária*, São Paulo, núm. 4, 2006, [en línea], Dirección URL: <http://revistas.usp.br/agraria/article/viewFile/121/121>, [consulta: 7 de marzo de 2017].
- Pimbert, Michael, *Agroecology as an alternative vision to climate-smart agriculture*, [en línea] Cultivate, Dirección URL: <http://www.cultivatecollective.org/in-perspective/agroecology-as-an-alternative-vision-to-climate-smart-agriculture/>, [consulta: 2 de marzo de 2018].
- Pimentel, David; Pimentel, Marcia; Karpenstein-Machan, Marianne, *Energy use in Agriculture: An overview*, [en línea], 32 pp., Dirección URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.543.5844&rep=rep1&type=pdf>, [consulta: 12 de enero de 2018].
- Pinstруп-Andersen, Per; Hazell, Peter B.R., “The Impact of the Green Revolution and Prospects of the Future”, [en línea], *Food Reviews International*, vol. 1, núm. 1, 1985, Dirección URL: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnaaz044.pdf, [consulta: 13 de abril de 2017].

- PMA, *Hambre. ¿Qué causa el hambre?*, [en línea], Dirección URL: <http://es.wfp.org/content/pma-que-causa-el-hambre>, [consulta: 27 de febrero de 2017].
- _____, *Maps: Food Insecurity And Climate Change*, [en línea], Dirección URL: <https://www.wfp.org/content/maps-food-insecurity-and-climate-change>, [consulta: 7 marzo de 2017].
- PMEL Carbon Program; National Oceanic and Atmospheric Administration, *What is ocean acidification?*, [en línea], Dirección URL: <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F>, [consulta: 20 de febrero de 2018].
- PNUMA, *La capa de ozono y las SAO*, [en línea], Dirección URL: <http://www.pnuma.org/ozono/curso/pdf/m1.pdf>, [consulta: 4 de marzo de 2018].
- Primavesi, Ana María; Carrasco, Andrés E.; Álvarez-Buylla, Elena; *et al*, “¿Por qué los cultivos transgénicos son una amenaza a los campesinos, la soberanía alimentaria, la salud y la biodiversidad en el planeta?”, [en línea], *alainet.org*, 7 de agosto de 2014, Dirección URL: <http://www.alainet.org/es/active/76040>, [consulta: 1 de abril de 2016].
- ProducciónMundialMaiz.com, *Producción mundial del maíz*, [en línea], Dirección URL: <http://www.produccionmundialmaiz.com/previous-year.asp>, [consulta: 16 de abril de 2016].
- Revistas énfasis, *Consumo cárnico a nivel mundial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/65628-consumo-carnico-nivel-mundial>, [consulta: 21 de enero de 2018].
- Ribeiro, Silvia, “Ley Monsanto: parece mala pero es peor”, [en línea], México, *jornada.unam.mx*, 22 de enero de 2005, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2005/01/22/023a2pol.php>, [consulta: 17 de julio de 2017].
- Robledo-Arriata, Luis, “La historia de la agricultura y de los cultivos transgénicos”, [en línea], *CIENCIORAMA*, 11 pp., Dirección URL:

http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323_cienciorama.pdf, [consulta: 19 de febrero de 2017].

- Roseboro, Ken, “GM seed monopoly: fewer choices, higher prices”, [en línea], *gmwatch.org*, octubre, 2013, Dirección URL: <http://www.gmwatch.org/en/bills-test/15093-gm-seed-monopoly-fewer-choices-higher-prices>, [consulta: 13 de marzo de 2017].
- s/a, *Potencial producción de maíz*, [en línea], Dirección URL: <http://horizontal.mx/wp-content/uploads/2015/12/2.jpeg>, [consulta 11 de junio de 2017].
- SAGARPA, *Agricultura de autoconsumo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/oaxaca/Paginas/Autoconsumo2013.aspx>, [consulta: 14 de diciembre de 2017].
- Samaniego, Orlando, “Félix: el maíz transgénico es una herramienta necesaria”, [en línea], México, *debate.com.mx*, 26 de julio de 2015, Dirección URL: <https://www.debate.com.mx/mazatlan/Felix-El-maiz-transgenico-es-una-herramienta-necesaria-20150726-0024.html>, [consulta: 13 de julio de 2017].
- SOCLA, *Publicaciones*, [en línea], Dirección URL: <https://www.socla.co/publicaciones/>, [consulta: 3 de marzo de 2018]
- Solano, Carlos, *Diagnóstico de la Cadena de Valor Maíz-Tortilla en las Regiones de Oaxaca*, [en línea], 45 pp., Dirección URL: <http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/04/Perfiles/AnexosPerfiles/5.%20CV%20MAIZ.pdf>, [consulta: 18 de septiembre de 2017].
- Stockholm Resilience Center, *The nine planetary boundaries*, [en línea], Dirección URL: <http://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html>, [consulta: 10 de febrero de 2018].
- Swedish International Agricultural Network Initiative, *How to feed nine billion within the planet’s boundaries. The need for an agroecological approach*, [en línea], Suecia, marzo 2015, Dirección URL: <https://www.siani.se/wp->

[content/uploads/2017/10/siani_agroecology_brief_march_4.pdf](#), [consulta: 2 de septiembre de 2017].

- Syngenta, *Annual Review 2016*, [en línea], Syngenta, Dirección URL: <http://www4.syngenta.com/annualreport2016>, [consulta: 12 de marzo de 2017].
- _____, *Nuestra ambición*, [en línea], Syngenta, Dirección URL: <http://www.syngenta.com.mx/nuestra-ambición>, [consulta: 6 de noviembre de 2016].
- Tec Review, “Transgénicos: productores de súper plagas”, [en línea], *tecreview.itesm.mx*, junio 2016, Dirección URL: <http://www.tecreview.itesm.mx/transgenicos-productores-de-super-plagas/>, [consulta: 24 de marzo de 2017].
- Toledo, Víctor Manuel, “El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica”, México, *Relaciones*, vol. 34, núm. 136, noviembre, 2013, Dirección URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-39292013000400004&lng=es&nmr=iso, [consulta: 12 de marzo de 2016].
- UCCS, *Oaxaca, cuna del maíz y su lucha contra los transgénicos*, [en línea] marzo 2015, Dirección URL: <https://www.uccs.mx/article.php?story=oaxaca-cuna-del-maiz-y-su-lucha-contra-los-transgenicos>, [consulta: 24 de noviembre de 2017].
- United Explanations, *Las consecuencias de la malnutrición: el hambre oculta*, [en línea], noviembre, 2014, Dirección URL: <http://www.unitedexplanations.org/2014/11/06/hambre-oculta/>, [consulta: 13 de marzo de 2017].
- United Nations Environment Programme, *Ozone Secretariat*, [en línea], Dirección URL: <http://ozone.unep.org/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/32506>, [consulta: 13 de junio de 2018].
- WHO, *Food safety*, [en línea], Dirección URL: http://www.who.int/foosafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/, [consulta: 13 de mayo 2017].

- World Fair Trade Organization; Fairtrade Labelling Organizations International, *Carta de los principios del comercio justo*, [en línea], 2009, Dirección URL: http://www.fairtrade-advocacy.org/images/FTAO_charters_3rd_version_ES_v1.3.pdf, [consulta: 12 de marzo de 2018].
- World Hunger, “World Hunger and Poverty Facts and Statistics”, [en línea], *worldhunger.org*, Dirección URL: <http://www.worldhunger.org/2015-world-hunger-and-poverty-facts-and-statistics/>, [consulta: 24 de abril de 2017].
- Zamora, L. Alfredo, “El valor mundial de las semillas transgénicas en 2016 fue de 11.400 millones de euros”, [en línea], *Fundación Antama*, junio, 2013, Dirección URL: <http://fundacion-antama.org/el-valor-mundial-de-las-semillas-transgenicas-en-2012-fue-de-11-400-millones-de-euros/>, [consulta 28 de abril de 2017].
- Zhou, Wen, “The Patent Landscape of Genetically Modified Organisms”, [en línea], *harvard.edu*, agosto, 2015 Dirección URL: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/the-patent-landscape-of-genetically-modified-organisms/>, [consulta: 10 de marzo de 2017].

Videos

- INIFAP, *Razas de maíz en Oaxaca*, [video en línea], 13 de enero de 2011, INIFAP, Dirección URL: <https://www.youtube.com/watch?v=34IXQQKJn5o>, [consulta: 3 de noviembre de 2017].
- Jorgensen, Ellen, *What you need to know about CRISPR*, [video en línea], TED talks, 2016, Dirección URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1BXYSGepx7Q>, [consulta: 11 de marzo de 2018].