



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN HISTORIA  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HISTÓRICAS**

**EL ARRIBO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN MÉXICO. PASAJES DE SU  
DESARROLLO Y REPERCUSIONES**

**TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR EN HISTORIA**

**PRESENTA:  
WILPHEN VÁZQUEZ RUIZ**

**TUTOR PRINCIPAL:  
DR. RAFAEL GUEVARA FEFER  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:  
DRA. ANA ROSA PÉREZ RANSANZ  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS  
DR. MANUEL BERNARDO IBARROLA ZAMORA  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**CIUDAD DE MÉXICO, 18 DE OCTUBRE DE 2021.**



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 la **Universidad Nacional Autónoma de México**, nuestra *alma mater*, a la que debemos honrar, defender y hacer más grande.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por la beca otorgada entre 2017 y 2021 que me permitió presentar este trabajo.

A **Jennifer y Fausto**, juntos mi razón, mi enclave, mi guía.

A mi familia, por la historia compartida.

A mis amigos, hermanas y hermanos todos, por los lazos construidos a lo largo de los años.

Al devenir, porque en la solución de los conflictos que plantea nos otorga la posibilidad de evolucionar a través de la racionalidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Como cualquier trabajo de investigación, el que ahora se presenta es resultado de un esfuerzo colectivo que trasciende la etapa en la que me encuentro. A lo largo de todos los años en que he estado relacionado de una u otra manera con nuestra universidad, muchas han sido las personas cuya elocuencia y energía han influido en mí para encaminarme al entendimiento de lo humano a través de la disciplina histórica.

Ni mi memoria ni este espacio me permiten mencionarlos a todos, pero buscando ser lo más incluyente posible destaco a los doctores Federico Bolaños y Serrato, Marialba Pastor Llaneza, Antonio Rubial García, Ana Cecilia Rodríguez de Romo, Ignacio Sosa Álvarez y Ana Rosa Pérez Ransanz.

Mención aparte hago de Rafael Guevara Fefer, quien desde que le conocí cuando formulaba lo que sería mi tesis de Licenciatura siempre me brindó su opinión, consejo y paciencia. Me atrevo a decir, más allá del cliché al que se han llevado los agradecimientos que de manera cotidiana se escriben en ocasiones como ésta, que sin su ayuda este trabajo no habría comenzado, mucho menos llegado a término.

A todos ellos expreso mi más profundo agradecimiento, mi más grande admiración.

Wilphen Vázquez Ruiz  
18 de octubre, 2021.

# Índice

**Introducción**..... p. 6

## **Capítulo 1. Consideraciones preliminares al desarrollo del estado de la cuestión**

1.1 Definición del objeto de estudio y la periodización del mismo..... p. 11

1.2 Marco teórico-metodológico.....p. 16

1.3 La definición de lo contemporáneo..... p. 19

1.4 Aspectos básicos sobre la biotecnología y algunas de sus repercusiones socio-económicas y políticas, así como ambientales y filosóficas..... p. 23

1.4.1) Los colores y significados de la biotecnología..... p. 24

1.5 Estado de la cuestión. Consideraciones ontológicas y científicas sobre la biotecnología y algunas de sus aplicaciones..... p. 26

1.6 Otras discusiones vinculadas con el estado de la cuestión. Algunos ejemplos prácticos..... p. 43

## **Capítulo 2. El inicio de la contemporaneidad en la Historia de la ciencia y su direccionamiento hacia la biotecnología. Particularidades en el caso de México.**

2.1 Comentarios preliminares sobre las pretensiones de la tecnociencia. Definiciones y límites..... p. 50

2.2 El camino hacia las grandes transformaciones..... p. 52

2.3 La unión de la ciencia y la tecnología: la tecnociencia..... p. 55

2.4 La primera etapa de la “Big Science”: la “Macrocienza”..... p. 57

2.5 El arribo de la “Big Science”. Cambios económicos y políticos en el escenario mundial ..... p. 59

2.6 La biología contemporánea y una de sus variantes: la biotecnología..... p. 62

2.7 Organismos Genéticamente Modificados y Organismos Transgénicos. Diferencias de forma y fondo..... p. 66

2.8 Pautas generales de la investigación científica en México a partir de la década de los 70 .....p. 68

## **Capítulo 3 La biotecnología ante las regulaciones. Tratados internacionales y la legislación en México**

3.1- Los fines del Estado..... p. 73

3.2- Jerarquización de las leyes..... p. 75

3.3- La legislación mexicana en torno a los OTG..... p. 79

## **Capítulo 4. Discusiones en torno a la Biotecnología. Comentarios sobre su percepción entre la comunidad científica, autoridades gubernamentales y ciudadanía.**

4.1 Políticas públicas y comparativos internacionales.....	p. 86
4.2 La biotecnología y la pluralidad de consideraciones científicas e institucionales en torno a ella.....	p. 95
4.3 Las Organizaciones no Gubernamentales y su postura hacia la biotecnología y los OTG .....	p. 100
4.4 Los gobiernos ante la biotecnología y los acuerdos internacionales.....	p. 104
4.5 Percepción de la biotecnología en México entre la ciudadanía en general y la Iglesia Católica.....	p. 109
4.6 Consideraciones personales sobre la biotecnología y su posicionamiento entre los diferentes actores sociales.....	p. 117

## **Capítulo 5. Ejemplos de la biotecnología desarrollada en la historia contemporánea de México**

5.1 Repaso del contexto de entrada y desarrollo del a biotecnología en nuestro país...	p. 123
5.2- La biotecnología verde.....	p. 128
5.3- La biotecnología roja.....	p. 142
5.4- La biotecnología gris.....	p. 153
5.4.1- Legislación en torno al agua.....	p. 160
5.5 Reflexiones sobre las biotecnologías y el contexto social e histórico contemporáneo.....	p. 174

## **Capítulo 6. Los agentes forjadores de la Biotecnología en México.....**

<b>Conclusiones.....</b>	<b>p. 198</b>
--------------------------	---------------

### **Anexo.**

<b>Una breve semblanza de vida de los entrevistados.....</b>	<b>p. 209</b>
--	---------------

<b>Fuentes consultadas.....</b>	<b>p. 218</b>
---------------------------------	---------------

# INTRODUCCIÓN

Sería imposible presuponer la fecha o el lugar en que el hombre comenzó la perturbación de la biósfera, ya que ni siquiera sabemos con precisión cuándo y en dónde aparecieron los primeros hombres y mujeres propiamente humanos...

Tal vez estos cambios –motor mismo de la evolución- fueron los que condujeron a los primeros homínidos a perturbar su ambiente. Impulsados por la necesidad de protegerse, acuciados por el hambre y tal vez por el clima, enfrentados a competidores mejor adaptados a su ambiente o medio natural, el hombre, finalmente, perturbó la biósfera de la manera más humana posible. Introdujo por primera vez en la historia del planeta, instrumentos fabricados por su mano dirigida por el cerebro humano en expansión. Aquella materia primigenia, hueso o piedra, madera y marfil, había cambiado sólo de forma, pero este pequeño (en ocasiones casi imperceptible) cambio cualitativo sería el inicio de la transformación más impresionante sufrida por el ambiente desde la época de los grandes cataclismos naturales, de la división de Pangea, setenta millones de años atrás.<sup>1</sup>

En los años 90 del siglo XX, Federico Bolaños hablaba a sus alumnos principalmente sobre dos cosas: la Historia de la ciencia y la contemporaneidad. A muchos de quienes llegamos tomar clase con él nos llamaba la atención no sólo la enérgica gestualidad y entonación con la que impartía su clase sino, sobre todo, la historicidad que hacía patente en cualquier objeto de estudio abordado por la Historia de la ciencia y la relación del mismo con la contemporaneidad humana.

Claro que Federico Bolaños no fue el único profesor que dejó en mí una huella indeleble, pero sí fue de quien adquirí el interés por la Historia de la ciencia y la historia contemporánea en los términos en los que él la fundamentaba. El camino que me ha llevado a presentar ahora este trabajo ha sido largo y por demás enriquecedor, y me gusta pensar que en mi proceso formativo (que debo por entero a la UNAM) he mantenido una coherencia tanto en la intención por acercarme a temas en realidad poco trabajados en la disciplina histórica, como por establecer el vínculo de estos con un aquí y ahora que todos compartimos. En ese sentido mi tesis de Licenciatura abordó el paso de las ciencias naturales a la biología en México, en tanto que en la maestría analicé el proceso de

---

<sup>1</sup> Bolaños, Federico, *El impacto biológico. Problema ambiental contemporáneo*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación General de Estudios de Posgrado, Instituto de Biología, 1990, pp. 1, 2.

institucionalización de la genética humana en nuestro país. En esta ocasión me he enfocado en la Biotecnología (Bt).

Probablemente como muy pocos objetos de estudio en la Historia de la ciencia, la Bt nos muestra la mirada transdisciplinar a la que estamos obligados las y los historiadores. Amén de abordar los conflictos epistemológicos que se presentan en ella y que esta misma genera, también debemos considerar toda una plétora de afectaciones tanto ambientales, demográficas, económicas, tecnológicas y científicas así como las jurisdiccionales, sociales, culturales y filosóficas presentes en el desarrollo biotecnológico que ha tenido lugar en nuestro país.

La aparición de la Bt es relativamente reciente, por lo que no es de extrañar que un trabajo como el que ahora se presenta aluda a otro tipo de discusiones. Sin embargo, debo aclarar que ésta es una investigación que ha respondido a los parámetros de la disciplina histórica, buscando rastrear e identificar las condiciones en que la Bt se gestó fuera de México y las condiciones por medio de las cuales aquélla fue y ha ido penetrando en nuestro país. La forma en que esto ha tenido lugar parte de presentar a la Bt como un fenómeno tecnocientífico que no surgió en nuestras fronteras geopolíticas y que, no obstante, cada uno de nosotros está inmerso en los límites que la propia Bt ha “impuesto” y que se ven reflejados en mucho de lo que nos resulta cotidiano, seamos o no conscientes de ello.

Ejemplos de lo anterior son la producción de alimentos, fármacos y diversas prácticas y terapias médicas; los intentos por rescatar ecosistemas, cuerpos y corrientes de agua; la habilitación de espacios geográficos para actividades antrópicas; el reconocimiento de los linajes humanos, incluyendo los más inmediatos, así como las prácticas de subrogación y nuevas formas de concebir la paternidad al igual que al mismo fenómeno de la vida toda, por sólo mencionar algunos.

El comprender las implicaciones de este proceso y el papel que juegan los agentes involucrados en su desarrollo, así como identificar las tendencias que el desarrollo biotecnológico presentará en los próximos años, pueden ayudarnos modificar nuestra sempiterna situación como país periférico para desarrollar la Bt con base en una política



pública amplia que responda a nuestras propias necesidades como país, y en lo que el estudio de nuestra propia biota puede tener un papel relevante si así lo decidimos.

La tesis comprende seis capítulos en los cuales se llegan a incorporar las argumentaciones teóricas necesarias para estructurar el contenido de cada uno, sin que el cuerpo total del texto pierda su articulación. Así entonces el capítulo 1 “Consideraciones preliminares al desarrollo del estado de la cuestión” establece el periodo a tratar, la definición de nuestro objeto de estudio y algunas de sus particularidades al igual que el marco teórico metodológico con el que fue abordado y el estado de la cuestión. Cabe señalar que, como parte de las adecuaciones que debieron hacerse ante la imposibilidad de consultar algunos archivos, se incluyó la revisión de numerosas fuentes digitales y una serie de entrevistas a investigadores relacionados con alguna rama de la Bt así como a quienes, desde otra disciplina, podían ofrecer puntos de vista e información relevante para dar seguimiento a esta historia.

El capítulo 2 “El inicio de la contemporaneidad en la Historia de la ciencia y su direccionamiento hacia la biotecnología. Particularidades en el caso de México”, trata los cambios económicos y políticos, a nivel mundial, que derivaron en el surgimiento de la ciencia contemporánea y las dos etapas de su desarrollo: la “Macrociencia” y la “Big Science”. Esta discusión permite establecer cuál fue el contexto internacional en el que la Bt fue desplegándose paulatinamente, para arribar a México a partir de las condiciones que han prevalecido aquí desde la década de los 70. Este apartado presenta una vinculación particularmente estrecha con el siguiente: “La biotecnología ante las regulaciones. Tratados internacionales y la legislación en México”, toda vez que cualquiera que haya sido el avance presentado por la Bt en nuestro país, éste se encuentra regulado por una legislación a nivel nacional que empata con los tratados y acuerdos comerciales internacionales de los que México es signatario, destacando lo que fue el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, transformado recientemente en el Tratado Estados Unidos-México-Canadá; el Protocolo de Cartagena referente a la seguridad de la Bt y la diversidad biológica; y el Acuerdo de París encaminado a enfrentar el cambio climático.

En el capítulo 4 “Discusiones en torno a la Biotecnología. Comentarios sobre su percepción entre la comunidad científica, autoridades gubernamentales y ciudadanía”, dirigimos nuestra atención al desarrollo de las políticas públicas que han tenido lugar en la historia contemporánea de México, en cuanto al apoyo otorgado por el Estado a la Ciencia y la Tecnología (CyT). Este análisis nos deja ver cuál ha sido la postura oficial mantenida en las últimas décadas y que ha generado avances y/o retrocesos en nuestro desarrollo tecnocientífico.

A fin de acercarnos de manera más efectiva a la realidad que estudiamos, en este capítulo se hace una comparación histórica y pertinente con diferentes países y regiones, la cual es engarzada con las opiniones que priman entre diferentes grupos de científicos y Organizaciones no Gubernamentales (ONG) con respecto a la Bt, así como la percepción que la ciudadanía en general y algunos segmentos de la Iglesia católica tienen de la CyT. Ello responde al hecho de que la aceptación de la tecnociencia y de la Bt en particular no puede ser entendida cabalmente si no consideramos una serie de factores que, en las últimas décadas, han impactado directa o indirectamente en la penetración de algunos organismos transgénicos (OTG), lo mismo que algunos productos y/o prácticas biotecnológicas, en diferentes espacios geográficos y socio-culturales.

La sección número 5 “Ejemplos de la biotecnología desarrollada en la historia contemporánea de México”, inicia por recordar algunos de los eventos más relevantes que se han presentado en el país los últimos 50 años, con el fin de reforzar nuestra comprensión del contexto histórico en el que se ha desarrollado la Bt en nuestras fronteras. También se ofrecen algunos ejemplos que permiten ver que el desarrollo de diferentes ramas de la BT no ha tenido siempre la misma suerte pues algunos factores, sobre todo culturales y socio-políticos han producido, más que un rechazo, la satanización de la Bt en general. Como resultado de esto podemos señalar que las carencias en nuestro conocer y comprender con respecto a la Bt, han sido un factor clave para que no obtengamos el mejor aprovechamiento posible de ella ante dos hecho principales: primero, que más allá de los discursos oficiales y los argumentos que ofrecen quienes se oponen al desarrollo e instrumentación de la Bt en México, esto no es posible ni tampoco conveniente. El segundo reside en que hay ramas y casos dentro de la Bt que han sido desarrollados de manera

satisfactoria, lo cual muestra de nuevo la posibilidad de transitar por una senda distinta, sin tener que esperar a que transcurran décadas para decidimos a ello al igual que para estudiar esta historia.

Por último, antes de llegar a las consideraciones finales que nos ha dejado esta investigación, el capítulo 6 “Los agentes forjadores de la Biotecnología en México” discute quiénes conforman los grupos que influyen activamente y de manera decisiva en el desarrollo de la Bt en nuestro país, sin soslayar en esta consideración el papel que juega el mercado internacional de bienes y productos biotecnológicos. Podemos destacar ahora que todos, absolutamente todos los individuos estamos involucrados de una u otra manera, directa o indirectamente, con diferentes procesos biotecnológicos así como con las repercusiones que estos generan. En la medida en que seamos más conscientes del peso que tiene nuestro consumo de bienes, prácticas y servicios biotecnológicos, así como el de la huella ecológica de nuestra propia existencia, podremos encauzar de mejor manera el devenir de la Bt sin olvidar que, para ello, es imprescindible un oficio político y una percepción mucho más agudizadas por parte del principal agente entre los que se mencionan en este capítulo: el Estado.

# Capítulo 1

## Consideraciones preliminares al desarrollo del estado de la cuestión

Nunca antes en la historia ha estado la humanidad tan mal preparada para las nuevas oportunidades, dificultades y riesgos tecnológicos y económicos que se ven en el horizonte. Es probable que sean más fundamentales los cambios de nuestra forma de vida en las próximas décadas que en los mil años anteriores...

En poco más de una generación, nuestra definición de la vida y el significado de la existencia se habrán alterado de forma radical... En el epicentro está una revolución tecnológica sin parangón en toda la historia, que tiene el poder de rehacernos y de rehacer nuestras instituciones y nuestro mundo.”<sup>2</sup>

### 1.1- Definición del objeto de estudio y la periodización del mismo

Iniciar la discusión de un tema no es asunto menor más cuando nuestro objeto de estudio, la biotecnología en México, si bien ontológicamente no se origina en nuestro país no por ello deja de estar imbuido en las causas que la generan ni en los efectos que ella provoca. Poco antes del inicio del tercer milenio de nuestra era, Jeremy Rifkin nos señalaba muchas de las posibilidades que la biotecnología (Bt) ofrecía a la humanidad, y que iban creciendo conforme las técnicas que permitían intervenir en el genoma de los seres vivos se iban perfeccionando.

Es importante considerar que si bien la Bt parte del manejo que se puede hacer de las bases nitrogenadas, mismas que expresan nuestra información genética, aquella va más allá que las técnicas de recombinación del Ácido Desoxirribonucleico (Técnicas de ADN<sub>r</sub>). Siendo hasta ahora el producto más desarrollado de las ciencias de la vida<sup>3</sup>, y en el cual también convergen los conocimientos ampliamente depurados de una gran cantidad de disciplinas científicas, la Bt nos muestra las confluencias y discrepancias de actores económicos, políticos, sociales y académicos, entre otros, que revelan la confrontación de

---

<sup>2</sup> Rifkin, Jeremy, *El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*, Trad. Juan Pedro Campos, España, Paidós, 2009, pp. 23.

<sup>3</sup> Esto tomando en consideración que la biología sintética y la nanotecnología aplicadas a esta rama del conocimiento científico, es aún incipiente.

ciertas concepciones tradicionales con algunas cuyo carácter más bien es innovador. Unas y otras están marcadas por condiciones socioeconómicas y culturales de diversa índole.

Pero ¿Qué es la biotecnología? ¿Qué implicaciones tiene? ¿Por qué es un objeto de estudio para la Historia? No obstante la complejidad que reviste a la Bt, su definición es relativamente sencilla. En general, ya se trate de biólogos, bioquímicos, ingenieros, biólogos moleculares e incluso historiadores o filósofos, ésta se entiende como el conjunto de conocimientos y técnicas aplicados para la obtención de un bien o servicio, basándose en el empleo de organismos vivos (e incluso algunos tipos de virus), que han sido modificados mediante técnicas de ADN<sup>r</sup> y, en tiempos más recientes, técnicas que involucran el empleo del ARN<sup>4</sup>. A este respecto debemos señalar que las respuestas a las preguntas que plantea el desarrollo de la Bt, muchas de las cuales se encuentran a través de la serindipia, no responden a presupuestos irracionales sino a la búsqueda continua de respuestas que pueden tardar mucho tiempo en llegar, y que solamente encuentran quienes se comprometen por completo con dicha búsqueda. Un caso que en ese sentido se tornará paradigmático es el de Katalin Karicó, bioquímica húngara, quien fue rechazada en múltiples ocasiones al proponer el desarrollo de vacunas basadas en el empleo del ARN, producto de más de 30 años de investigación. Pero este caso deberá ser tema para otros estudios y no el que nos ocupa ahora.

Regresando a las implicaciones propias de la Bt, éstas son tan variadas y profundas como las que generan los productos biotecnológicos específicos aplicados y/o introducidos, con fines también específicos, en un espacio y tiempo determinados<sup>5</sup>. Aunque esto implica

---

<sup>4</sup> Como ejemplo de esto tenemos a las vacunas que utilizan ARN mensajero (ARNm) empleadas para enfermedades como el COVID-19, causada por el virus SARS-COV2. A diferencia de las vacunas que se desarrollan con base en una versión debilitada de un virus determinado pero que contienen genoma del virus en cuestión, las que se han aplicado para prevenir el COVID-19 se basan en el empleo de una cadena de ARNm propia del patógeno que no equivale al patógeno mismo. Estas cadenas de ARNm permiten, en el caso del SARS-COV2, que una vez inoculadas en el cuerpo humano sus células produzcan proteínas pico mediante las cuales nuestro sistema inmune es capaz de identificar y eliminar al virus del SARS-COV2, un adenovirus que como otros tantos es sumamente contagioso y que se caracteriza por infectar las membranas de las vías respiratorias, ojos, sistema digestivo e incluso del sistema nervioso.

<sup>5</sup> Cuando se habla de Bt no es extraño encontrarse con los términos bioartefactualidad y bioartefactos, siendo estos los productos de aquella y resultado de la etapa más depurada de la biotecnología dirigida al transhumanismo, la biopolítica, la clonación o la inteligencia artificial y en donde la biotecnología sintética jugará un papel trascendental. De manera específica el bioartefacto, según Jorge E. Linares Salgado, es todo objeto que resulta de una técnica y que no es un organismo vivo en sí mismo.

adelantarnos un poco en nuestra discusión sobre el tema, diremos que la Bt no es una entidad con vida propia sino el resultado de algunas de las ramas más avanzadas del quehacer científico, cuyas aplicaciones responden a los intereses tanto de instituciones y corporaciones como de individuos, por lo que los efectos que ella genera pueden ser tanto de índole positiva como negativa. Sobre esto último, si bien la axiología no puede estar ausente en la comprensión de un objeto de estudio como el que nos ocupa, en esta investigación nuestra mirada se ha centrado principalmente en la introducción y desarrollo de la Bt en México ofreciendo un análisis sobre lo factual y lo posible, entre los beneficios y los riesgos. Sobre estos últimos la Historia de la ciencia debe poner particular atención, dado que la disciplina histórica nos faculta para identificar las tendencias generadas por las decisiones, que en materia biotecnológica, han sido y serán tomadas en nuestro país.

Si preguntamos el por qué la Bt es un objeto de estudio pertinente para la disciplina histórica, la respuesta es simple: En primer lugar, porque ella es resultado de la generación de conocimientos y de las modificaciones en que la ciencia ha sido desarrollada a lo largo de la historia. En segundo término porque las repercusiones, tanto positivas como negativas e incluso las probables, pueden ser abordadas por la Historia de la ciencia actual en los términos que aquí se han fijado para lo contemporáneo, y sobre lo cual discutiremos más adelante. Es necesario añadir que lo mismo que la Bt -a la que sólo puede entenderse no como la suma, sino como la conjunción y yuxtaposición de conocimientos científicos provenientes de diferentes ramas de la ciencia, en los que la innovación es la pauta a seguir, el estudio histórico que ahora ofreceremos no puede ser comprendido sino con base en un enfoque transdisciplinario que nos conduce a un aquí y ahora y que, para los fines que persigue este trabajo, identifica su punto de arranque a comienzos de los años 70 del siglo XX.

De manera específica, la periodización que establecimos para esta tesis corre de 1973 a 2018. Como sabemos, el establecimiento de una etapa durante la cual se analiza un fenómeno o problema determinado obedece a los fines que persigue la investigación

---

Ahora bien, las discusiones en torno a la bioartefactualidad obedecen más a las inquietudes que se presentan en el ámbito de la filosofía que a las que encontramos en la Historia de la ciencia. Por tal razón, en este trabajo no nos referiremos a la bioartefactualidad como sí, en cambio, a la transformación de la biología y la sociedad contemporánea a través del conocimiento científico claramente reflejado en el desarrollo de la Bt.

misma, empero no por obedecer a estos aquélla puede carecer de justificación. La propia historia de la Bt cuenta con antecedentes lo suficientemente añejos como para que algunos investigadores actualmente se refieran a una biotecnología “moderna”<sup>6</sup>, basada en las técnicas más avanzadas para la recombinación del ADN, lo que nos obliga a detallar las razones por las cuales hemos establecido esta periodización<sup>7</sup>.

Los antecedentes de las técnicas de ADNr, si tomamos como base el estudio realizado por Estefanía Blancas y Rafael Guevara, pueden rastrearse incluso desde los años 30 del siglo pasado principalmente en Gran Bretaña, Alemania, Francia y Estados Unidos. Desde entonces la Bt ha sido impulsada por descubrimientos en la física nuclear a finales de esa misma década, con la fisión del átomo; la corroboración en 1952 de que el material genético residía en las moléculas del Ácido Desoxirribonucleico (ADN); el descubrimiento en 1953 de la estructura helicoidal del ADN y la primera “Cirugía genética” llevada a cabo por Paul Berg, en 1972, que sentó las bases de lo que a partir de entonces se conoce como la industria biotecnológica<sup>8</sup>.

Ahora, sin dejar de considerar los señalamientos hechos por Estefanía Blancas y Rafael Guevara, en esta investigación establecemos a 1973 como el año en que la Bt inició una nueva etapa de desarrollo<sup>9</sup>, toda vez que en ese año Stanley Cohen y Herbert Boyer consiguieron modificar un plásmido al introducir un fragmento del genoma de un anfibio en el de una bacteria, lo que con base en mi propio criterio puede tomarse como el primer organismo transgénico (OTG) logrado por la Bt. Debo señalar que lo que sostengo, a mi

---

<sup>6</sup> Entrevista a Agustín López Munguía Canales, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Biotecnología, Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis. Realizada el 10 de diciembre de 2019.

<sup>7</sup> Es necesario señalar que si bien ésta es la periodización establecida, algunos aspectos de nuestro objeto de estudio harán necesaria la mención de algunas situaciones que han presentado a partir de la toma de Andrés Manuel López Obrador quien encabeza al Gobierno y a la administración federal que corre de 2018 a 2024.

<sup>8</sup> Estefanía Blancas García y Rafael Guevara Fefer, “Biotecnología es biología. La revolución que nos dio bioartefactos fue molecular”, en Linares, Jorge y Elena Arriaga (Coordinadores), *Aproximaciones interdisciplinarias a la bioartefactualidad*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía Y Letras, Programa Universitario de Bioética, 2016, pp. 157-179.

<sup>9</sup> Como parte de ese mismo contexto internacional, en el terreno económico la década de los 70 también experimentó una serie de cambios a nivel internacional que derivaron en que Estados Unidos abandonara el patrón oro buscando reducir, sin conseguirlo, el déficit que había acumulado durante años en su cuenta corriente. Más adelante, en 1973, otro golpe que afectó la economía estadounidense llevándola a un proceso de estancamiento, fue la crisis del petróleo. Ante la enorme dependencia económica que México tenía desde mucho tiempo atrás hacia la Unión Americana, aunado a la torpeza de los gobiernos federales de 1970-1976 y 1976-1982, nuestra economía sufrió embates de tal magnitud que eventualmente llevarían a la pérdida del estado del bienestar y a la crisis de los años 80, con las afectaciones múltiples que ya conocemos.

parecer, no significa un distanciamiento profundo del trabajo elaborado por Blancas y Guevara sino, únicamente, la fijación de un punto de inicio para esta investigación. Pienso que ambos trabajos puede ser complementarios especialmente porque lo que desarrollo aquí es la historia de la biotecnología en México, misma que deviene de la serie de descubrimientos y dinámicas generados en países no periféricos a los que se refieren estos autores.

En cuanto al cierre de la periodización, esto es 2018, se debe a que por lo general los informes más recientes en materia científica y en muchas de las mediciones sociales, son dados a conocer dos años después de que los datos respectivos son generados y recolectados. A ello debe sumarse que para el momento en que se escribían estas líneas, en materia de Bt no se contaba con informes ni análisis sobre las acciones ejecutadas por el Gobierno y la administración federal que corre de 2018 a 2024<sup>10</sup>.

Siendo ésta una investigación de frontera, debemos señalar que por la naturaleza de nuestro objeto de estudio no es conveniente seguir los cánones tradicionales marcados por la disciplina histórica, tanto más porque, como ya se mencionó, salvo muy contadas excepciones éste no ha sido un tema abordado por los historiadores, o al menos no en la forma ni con la robustez con la que pretendemos hacerlo ahora. Esto no otorga a nuestro trabajo ningún tipo de ventaja sobre cualquier otro en el que se desarrolle la Historia de la ciencia; sin embargo, pensamos que sí ofrece elementos que pueden resultar innovadores y que servirán para desarrollar estudios ulteriores enfocados en la Historia de la ciencia contemporánea en México, y algunos otros países. Insistimos en que la base para la comprensión de este trabajo se encuentra en un enfoque transdisciplinario que tenga como eje fundamental, y articulador, un enfoque histórico.

---

<sup>10</sup> No debe olvidarse que los términos Estado y Gobierno no son equivalentes. En esta referencia y las que están por venir haremos referencia al segundo basándonos en la definición que sobre ambos conceptos ofrece Antony Giddens. Dicho autor establece que cuando se habla del Estado nos referimos al aparato político que incluye a las instituciones gubernamentales así como a los funcionarios civiles, quienes gobiernan sobre un territorio determinado y cuya autoridad se funda en la ley y en la capacidad de hacer obedecer las leyes de manera coercitiva si es necesario. Cuando nos referimos al Gobierno, en cambio, lo aludimos a un grupo de funcionarios que son parte de un aparato político y los responsables del establecimiento de diferentes políticas públicas que vinculan a todos los individuos, incluyendo a los gobernantes y a los gobernados. *Vid.*, Giddens, Antony, *Sociología*, 2 ed., Trad. Teresa Alberto, *et. al.*, España, Alianza, 864 p.



Como toca a toda investigación histórica, es indispensable señalar brevemente cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos con los que abordaremos a nuestro objeto de estudio. Esto nos facultará para establecer el eje discursivo mediante el cual hilvanaremos la producción historiográfica que consideramos como la más relevante, tanto la generada por Clío como aquella producida por otras disciplinas con las que tiene vínculos en ocasiones estrechos y en otras más bien circunstanciales, y cuya conjunción es necesaria para un mejor entendimiento histórico de la Bt en nuestro país.

Es indispensable tener en cuenta que la Bt es, a la vez, causa y consecuencia de muchas de las transformaciones sociales, políticas, económicas y medioambientales que experimentamos. De igual forma, al pensar en su desarrollo debemos ser conscientes de que ésta obedece a dos actores inseparables: uno son las entidades económicas que la financian dependiendo de los intereses que persiguen, y en concordancia con las circunstancias en que ello tiene lugar; el otro son los individuos quienes, estando adscritos a una institución o agrupación determinada, establecen agendas diversas que con frecuencia chocan entre sí. Es por ello que el enfoque transdisciplinario al que nos hemos referido es nodal para esta investigación, me explico: así como la Bt no puede ser entendida fuera de la convergencia de disciplinas como la bioquímica, microbiología, fisiología, la ingeniería de sistemas o la biología molecular, entre muchas otras, el abordaje histórico de la Bt tampoco puede ser ejecutado sin considerar elementos tales como la demografía, la legislación y la economía, por sólo citar algunos. De todo esto viene la importancia de contar con un andamiaje que nos permita desarrollar nuestra investigación.

## **1.2- Marco teórico-metodológico**

... La percepción puede estar atada a las rápidas transformaciones de la vida actual, del mercado, del mercado laboral, de la tecnología, de la globalización. Lo que antes “sabíamos”, el conocimiento adquirido, ya parece que no sirve porque está siendo reemplazado debido a novedosos descubrimientos, a diversas y muy recientes técnicas, a nuevos modos de aproximación. ... se trata de potenciar la producción del conocimiento, que es el reto principal de la globalización y de hacer que los conocimientos adquiridos trasciendan hacia la producción de

movimientos que provoquen cambios sociales en pos de una sociedad más equitativa. La transdisciplinariedad tiene por finalidad la comprensión del mundo actual...<sup>11</sup>.

Habiendo definido cuál es el objeto de estudio en este trabajo así como su periodización, toca ahora fijar cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos con base en los cuales habremos de proceder. Si bien ésta no es una tesis que centre su atención en estos aspectos, el establecerlos previamente al desarrollo del tema es fundamental a fin de saber qué tipo de explicación es la que ofrecemos. Aunque en la disciplina histórica son diversas las alternativas para interpretar el devenir humano, la que aquí se desarrolla se basa principalmente en los lineamientos señalados por la Historia social<sup>12</sup>.

Lo anterior se debe a que en mi propia consideración la Historia social es la corriente que nos ofrece las mejores herramientas teóricas para seleccionar, organizar e interpretar un objeto que por sí mismo es resultado de la interdisciplinariedad. Esto parte del acercamiento no sólo de las ciencias sociales entre sí sino, también, de éstas con las ciencias de la vida. Por supuesto, ya que cualquier planteamiento teórico es antecedido por una discusión filosófica, conviene tener presente que este trabajo también se inspira en el pensamiento ontológico dentro de las ciencias, y al que quizá podamos representar de la manera más sencilla definiendo lo que es una pregunta originaria. A decir de Timothy Williamson las Preguntas originales (PO), parten de nuestro interés por la historia de un objeto determinado<sup>13</sup>. Éstas pueden ser generalizadas de varias formas sin que ello altere ni el

---

<sup>11</sup> Sandra I. Ramos López y Caridad E. Álvarez, “Nuevos paradigmas en los estudios transdisciplinarios”, Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, V Simposio Internacional de Estudios Generales, 6-8 de noviembre de 2013, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. Red Internacional de Estudios Generales (RIDEG), en <http://www.rideg.org/wp-content/uploads/2014/04/Nuevos-paradigmas-en-los-estudios-transdisciplinarios.pdf> Consultada e 10 de abril de 2019.

<sup>12</sup> Sin adentrarnos en un análisis cuyo eje sea la Teoría de la Historia, considero indispensable mencionar algunos de los fundamentos en los que ésta se basa así como otros aportes ofrecidos por distintos autores y escuelas de pensamiento afines a ella. Iniciemos, entonces, por mencionar a Joyce Patrick, quien aborda de manera sucinta los lineamientos que caracterizan a la Historia social, haciendo ver a ésta como una línea de pensamiento que otorga bases metodológicas para la ejecución de estudios históricos en los que el diálogo entre las diferentes disciplinas sociales es fundamental. En ese sentido es obligado mencionar a Karl Mannheim quien, a través de la Sociología del conocimiento, abordó la forma en que los diferentes grupos sociales se relacionaban así como los mecanismos mediante los cuales cada uno intentaba que sus propias formas de interpretar la realidad se volvieran las prevalecientes, siendo identificables en la ideología dominante.

<sup>13</sup> Williamson, Timothy, *La filosofía de la filosofía*, Trad. Miguel Ángel Fernández Vargas, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2016, 435 p.

sentido ni la coherencia de las mismas. Las PO, además, no se dirigen a una generalidad sino más bien a algo particular por lo que no inquietan “acerca de” algo, lo cual haría de ellas preguntas por demás vagas, sino que se refieren a algo específico y que en nuestro caso es a los elementos que permiten comprender el arribo y desarrollo de la biotecnología en México.

Ya que antes hemos definido qué entendemos por Bt, debemos añadir que en este trabajo es fundamental un acercamiento mínimo a la Teoría del Derecho, para poder establecer la relación existente entre la legislación que diversas instituciones han forjado para todo lo que tiene que ver con la Bt en México, y cómo dicha legislación responde de igual forma a dinámicas sociales y efectos medioambientales que rebasan por mucho nuestras fronteras. Esto apoya el señalamiento de que a pesar de que la Bt ontológicamente no se origina en nuestro país, ello no nos sustrae de lo que sucede actualmente en el planeta. Como resultado, el marco teórico que nos sustenta también contempla una noción sobre lo que define a la contemporaneidad. Esto es de una importancia fundamental pues si bien la Bt no es únicamente lo que define a la contemporaneidad, sí es parte de ella y refleja el cómo y el por qué nos encontramos en una etapa de la historia que se diferencia claramente de etapas anteriores inmediatas<sup>14</sup>.

Entonces, una vez que hemos definido los elementos principales de lo que es nuestro marco teórico, podemos establecer con qué tipo de fuentes se trabajó. Esta explicación, claro está, no es equivalente al estado de la cuestión al que dividiremos en varios apartados con base en los temas a tratar. Lo que ahora se ofrece es un resumen sobre el tipo de fuentes que hemos consultado y el contenido de las mismas.

Al referirnos a los textos que conforman el estado de la cuestión tratamos, en primer lugar, a todos aquellos que aluden a la Bt en tanto la rama más depurada de las ciencias de la vida<sup>15</sup>. Si bien no podemos dejar de ofrecer algunos detalles técnicos para su entendimiento, las fuentes empleadas nos ayudan a comprender de dónde viene la Bt, qué le

---

<sup>14</sup> En este sentido los aportes de Geoffrey Barraclough, como se verá más adelante, serán esenciales para explicar y comprender qué es lo que define a lo contemporáneo.

<sup>15</sup> Conviene apuntar que para algunos investigadores, como Raúl Meixueiro, el futuro del desarrollo en ramas como la farmacología ya no se encuentra en la biotecnología sino en la nanobiotecnología. Entrevista a Juan Raúl Meixueiro Montes de Oca, Académico de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México e investigador en Laboratorios PISA, realizada el 30 de marzo de 2020.

caracteriza y cuáles son en términos kuhnianos los contextos de descubrimiento y de justificación en los que ella surgió y ha sido desarrollada<sup>16</sup>. Esto dio pauta para integrar las fuentes con las que trabajamos ciertos aspectos sociales, económicos y culturales, lo mismo que lo referente a la legislación nacional e internacional.

Todos estos trabajos son tratados para abordar primeramente a la Bt en un nivel general para, de manera subsecuente, centrarnos en el desarrollo que ésta ha tenido en nuestro país y al que abordamos por medio de algunos casos de estudio que, a pesar de ser bastante específicos, revelan la complejidad y la presencia por demás extendida que tiene la Bt en la vida cotidiana ya sea que se hable de los ámbitos rurales o urbanos, así como dentro o allende nuestras fronteras. En este sentido el estado de la cuestión también contempla la opinión de un grupo de investigadores y profesionistas involucrados con diferentes ramas de la Bt en México, cuyo testimonio es equivalente a una fuente primaria y con los que trabajaremos de manera más específica hacia el final de esta tesis.

Por último, no está demás señalar que si bien el trabajo de archivo en realidad es reducido, ello obedece a que la mayor cantidad de las fuentes de consulta son localizables en la web, lo que por sí mismo es una variante del trabajo de archivo tradicional, a lo que se suman las entrevistas realizadas y que equivalen a la elaboración de fuentes primarias.

### **1.3- La definición de lo contemporáneo**

Para comenzar a discutir sobre lo que comprende a lo contemporáneo quizá convenga partir de una pregunta: ¿Existe eso que llamamos la “realidad”? Sin duda que sí, pero ella es tan vasta que no puede ser abarcada ni entendida más que de manera parcial, incluso en los modelos que contemplen el mayor número de elementos que la componen. En nuestro caso nos concentraremos primordialmente, que no de manera exclusiva, en lo que puede ser medido, valorado y proyectado. Esto lo haremos con base en los presupuestos que permiten las reconstrucciones racionales de la ciencia que, en palabras de Imre Lakatos, establecen

---

<sup>16</sup> Sobre esto debemos señalar que en la práctica atribuimos a T. S: Kuhn la forja de los conceptos de “contexto de descubrimiento” y el de “contexto de justificación”, que en realidad se refieren a periodos en los que una teoría es evaluada y/o modificada, fue Hans Reichenbach, uno de los principales representantes del positivismo lógico, quien introdujo esa distinción en 1938. *Vid.*, Pérez Ransanz, Ana Rosa, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 2012, pp. 17.

que la unidad descriptiva de los grandes logros científicos no puede ser entendida como una hipótesis aislada, sino como aquellos programas de investigación que pueden ser evaluados en términos de transformaciones progresivas y regresivas de un problema o problemas específicos<sup>17</sup>.

¿Qué puede ser evaluado en la sociedad contemporánea en relación con la biotecnología? En realidad es difícil encontrar algo que no lo sea. Incluso en el terreno de las ideas y las mentalidades, las transformaciones que ha provocado este desarrollo científico son vastas e incluyen a los propios paradigmas científicos y sociales. De manera muy específica, actualmente presenciamos una confrontación entre dos de ellos: el evolutivo y el biotecnológico. El primero es aceptado por quienes tienen una concepción evolutiva en las ciencias de la vida, en tanto que el segundo lo es por quienes rompen con las pautas establecidas por la Teoría de la evolución, para lo cual se apoyan en los descubrimientos llevados a cabo por la Bt y que permiten una transformación deliberada de la información genética que conduce el desarrollo de las formas de vida<sup>18</sup>. En este caso se apuesta ya no sólo por una explicación del fenómeno de la vida, sino por la intervención en ella y su redireccionamiento.

Sobre lo anterior mi propia postura es que si bien no es posible, ni conveniente, soslayar las transformaciones que la Bt ha generado en la concepción del fenómeno de la vida esta última, sea intervenida o no, al final no deja de seguir pautas evolutivas. La medida en que esto tiene lugar depende del grado en que los organismos son modificados por las técnicas de ADNr. Pienso que las discusiones que ahora tienen lugar así como las futuras, eventualmente se fusionarán en una sola en la cual se reorganizarán los elementos de cada una que sean conmensurables con los de su opositora. Pero insistimos que esto es una discusión más de orden filosófico y lo que nos compete aquí, principalmente, es abordar la historia y el desarrollo de la Bt en México.

Como ya hemos señalado la Bt no constituye por sí misma a la contemporaneidad, mas es parte integrante de ella al transformarla continuamente con base en el conocimiento

---

<sup>17</sup> “Capítulo 2. La Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales”, en Lakatos, Imre, *Escritos Filosóficos. 1. La metodología de los programas de investigación científica*, Trad. Juan Carlos Zapatero, España, Alianza, 2002: pp. 134-179.

<sup>18</sup> Dr. Ignacio Sosa Álvarez. Cfr., Antonio Lazcano Araujo, quien considera que existe dicho enfrentamiento.

científico. La cantidad de cambios que devienen o se relacionan con la Bt nos permiten ver que, históricamente, todo esto nos ubica en una etapa con muchos rasgos distintos a los que caracterizaron a etapas anteriores. Incluso, aun cuando podemos señalar que el surgimiento de la ciencia contemporánea tuvo lugar hacia mediados del siglo XX, la Bt nos ubica en una etapa diferente.

Así entonces, como podemos apreciar la propia definición de lo contemporáneo es difícil de establecer. Para nuestros propósitos esto se hará tomando como base la forma en que Geoffrey Barraclough lo explica. Dicho autor señala que la historia contemporánea no se define como la continuación de la historia moderna, sino por una serie de cambios económicos, políticos, sociales, culturales y particularmente tecnológicos y científicos, los cuales nos señalan que nos encontramos en una etapa histórica radicalmente distinta de la etapa anterior. En ese sentido, Barraclough ubica el inicio de la historia contemporánea en el comienzo de los años 70 del siglo XX<sup>19</sup>.

Ampliando esta discusión, en *La Historia desde el Mundo Actual*<sup>20</sup>, Barraclough establece que la historia de que lo que leemos no es, estrictamente, una historia factual sino una serie de juicios recibidos. Lo mismo que otros autores pretéritos nosotros no estamos en la capacidad –ni podremos estarlo–, de saber qué fue lo más relevante en el pasado. En ese sentido nuestra historia se ocupa no de lo que es importante sino de lo que consideramos que sí lo es, a partir de la aplicación de juicios de valor sobre los fenómenos a estudiar presentes en nuestro propio contexto. Es fundamental señalar que lo más cercano en el tiempo no es, por sí mismo, lo más importante ni lo más sencillo de abordar; sin embargo, lo que buscamos tener como un axioma es el hecho de que en la contemporaneidad el destino de cada uno está ligado al de los demás, y que tenemos una “responsabilidad primaria” con los problemas actuales y con los ciudadanos del futuro<sup>21</sup>.

Reconociendo que el estudio de lo contemporáneo es un problema epistémico inherente a la disciplina histórica, y que puede ser abordado por la Historia de la ciencia, cabe preguntar el por qué no solemos acercarnos a estas discusiones de manera más franca

---

<sup>19</sup> Barraclough, Geoffrey, *Introducción a la Historia contemporánea*, Trad. Cecilio Sánchez Gil, España, Gredos, 1985, 350 p.

<sup>20</sup> Barraclough, Geoffrey, *La Historia desde el mundo actual*, Madrid, Revista de Occidente, 1959, 259 p.

<sup>21</sup> Ibidem.

y sistemática. Sobre ello señalo que diversos autores ya han tratado esta temática en épocas diferentes, con aproximaciones también distintas. Sin embargo, desde hace tiempo son pocos los historiadores que se acercan a lo contemporáneo en los términos que aquí se plantean, siendo en mi consideración un rubro que debería ser tratado y discutido con mayor profundidad.

Lo anterior, insisto, no tiene la intención de restar valor a los aportes que otras visiones sobre el quehacer y devenir humanos reflejadas en la historiografía tradicional. Sí en cambio, busca reconocer y validar la pertinencia de este tipo de aproximaciones partiendo de una situación común a ambas posturas: que la comprensión y explicación del pasado parte siempre de conocer el presente que nos rodea, y que es desde ese presente que proyectamos una serie de acciones no sólo para entenderlo sino, también, para procurar un futuro más venturoso y eso es algo que comparten todas las ciencias, incluida la Historia. La base para lograrlo, de acuerdo con lo que aquí se propone, reside en estudiar y comprender las transformaciones que ha generado la Bt en las décadas y años más recientes, a partir de los presupuestos teóricos y metodológicos que hemos fijado.

Si bien hemos ofrecido algunas de las bases sobre las cuales se forja nuestra visión de lo contemporáneo debe añadirse que la contemporaneidad tiene, a su vez, otras divisiones que encuentran su punto de partida en el desarrollo de la cibernética y la conjunción de una serie de avances científicos en el área de la Bt, así como en transformaciones sociales diversas que, en conjunto, se dirigen al estudio de los fundamentos de la vida<sup>22</sup>. Así entonces, aunque este proceso tiene sus antecedentes más señeros en 1953 cuando se descubrió la estructura molecular del ADN, no fue sino hasta finales del siglo XX que las aplicaciones de las tecnologías del ADNr dieron la pauta para que la biotecnología nos llevara a escenarios francamente posibles, en los que muchas de las problemáticas que enfrentan la humanidad y el medio ambiente pudieran llegar a ser resueltas o, cuando menos, disminuidas.

---

<sup>22</sup> Es indispensable apuntar que si bien la Bt tiene su antecedente más inmediato en el descubrimiento de la molécula del ADN, esto no implica que la ciencia contemporánea haya iniciado con tal hallazgo. Este camino tuvo su punto de arranque con el Proyecto Manhattan que derivó en la detonación de dos bombas nucleares sobre Japón, discusión que abordaremos más adelante.

Lo que hasta ahora hemos ofrecido es apenas el esbozo de una serie de elementos, prácticas y fenómenos que caracterizan a lo contemporáneo. A lo largo de esta investigación será necesario hacer referencia a más de una de estas situaciones para aterrizar con ellas el debate que aquí nos ocupa, y que no es otro sino el cómo la Bt nos ha llevado a establecer nuevos vínculos entre el binomio ciencia-sociedad, a un nivel que requiere de perspectivas y tratamientos novedosos que se encaminen a la comprensión y mejoramiento de lo que ha significado nuestro impacto sobre la naturaleza, la vida en general y nuestra propia existencia en medio de la contemporaneidad de la que somos parte<sup>23</sup>.

#### **1.4- Aspectos básicos sobre la biotecnología y algunas de sus repercusiones socio-económicas y políticas, así como ambientales y filosóficas**

Entre tanto, fuerzas impersonales sobre las que apenas tenemos dominio alguno nos están empujando a todos hacia la pesadilla del Mundo Feliz. Es un empuje impersonal que está siendo acelerado conscientemente por representantes de organizaciones comerciales y políticas que han creado cierto número de nuevas técnicas para manipular en interés de alguna minoría, las ideas y los sentimientos de las masas. Las técnicas de la manipulación serán estudiadas en capítulos posteriores. Por el momento, fijemos nuestra atención en esas fuerzas impersonales que están haciendo el mundo tan extremadamente inseguro para la democracia, tan verdaderamente inhóspito para la libertad individual. ¿Qué son estas fuerzas? ¿Y por qué la pesadilla proyectada por mí en el siglo VII D. F. ha avanzado tan rápidamente en nuestra dirección? La contestación a estas preguntas debe comenzar donde tiene sus comienzos la vida de hasta la más civilizada de las sociedades: en el campo de la biología.<sup>24</sup>

Aunque la cita de Aldous Huxley que hemos ofrecido no es particularmente optimista acerca del futuro, nos ayuda a dimensionar las preocupaciones que, desde hace décadas,

---

<sup>23</sup> Aunque no se trata de una obra que estudie propiamente la Bt, en 1990 con *El impacto biológico. Problema ambiental contemporáneo*, Federico Bolaños ofreció un estudio por demás detallado del impacto que las actividades humanas tenían sobre el medio ambiente y sobre la propia salud de los individuos. En este trabajo puede apreciarse la importancia que a partir de los años 70 cobró la biotecnología de la época tanto en el control de algunas plagas y derrames de petróleo, así como en la alteración de alimentos a fin de mejorar su color, preservarlos, reforzar su sabor y cualidades nutrimentales, entre otros muchos efectos. Amén de los datos que se registran en esta obra, ella es un ejemplo de la posibilidad y conveniencia de abordar los temas contemporáneos por parte de las diversas disciplinas que conforman el saber humano.

<sup>24</sup> Huxley, Aldous, *Nueva visita a un mundo feliz*, Trad. Miguel de Hernani, España, Editorial Sudamericana, 1998: pp. 10-11. Versión electrónica en <http://www.mediafire.com/file/o2o93zdlaid272u/Nueva+visita+a+un+mundo+feliz.pdf> Consultada el 15 de abril de 2018.



provoca el avance de la ciencia y la tecnología, lo mismo que a enfrentar muchas de las inquietudes que ocupan la atención de los individuos. En ese tenor, entre los aspectos que ofrecen mayores dificultades al abordaje histórico de la biotecnología pero que, a la vez, muestran la riqueza de este tipo de estudios están la amplitud de temas que pueden ser contemplados, y la variedad de herramientas provenientes de otras disciplinas científicas con lo que esto puede hacerse. Como ya señalamos, la Bt no puede ser entendida sino como producto del pensamiento y trabajo multidisciplinario, y que lo mismo sucede con el análisis histórico de la misma.

Por supuesto, las alternativas son tantas que es imposible abarcar la mayoría de ellas en un trabajo de esta naturaleza; no obstante, buscando que el estado de la cuestión que desarrollaremos en las próximas páginas sea lo más sencillo y mejor estructurado posible es necesario explicar, aunque sea de manera breve, algunos de los elementos fundamentales que caracterizan a la Bt. Esto nos llevará a detallar las condiciones que han permitido su desarrollo primeramente en otros países y poco después en México, y cómo puede ser clasificada en diferentes rubros que son aplicados en muchas de las actividades humanas pasando por las industriales, las médicas y las de biorremediación, por sólo citar algunas<sup>25</sup>. Con base en esto, ahora presentamos una clasificación de las ramas de la Bt que nos ayudará a alcanzar los fines que se propone esta investigación.

#### **1.4.1- Los colores y significados de la biotecnología**

De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica derivado de la Cumbre de Río en 1992, y al que nuestro país se incorporó en 1993, la biotecnología se define como toda aplicación tecnológica en la que se empleen sistemas biológicos y organismos vivos así como los derivados de estos, para la creación o modificación de procesos o productos específicos<sup>26</sup>.

Por supuesto, los usos de la Bt son tan variados que su clasificación no resulta sencilla. Empero, una alternativa para agrupar sus posibles aplicaciones está en identificarla

---

<sup>25</sup> Esto último será abordado de manera específica en el capítulo 5.

<sup>26</sup> Vid., <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf> Consultada el 11 de mayo de 2019.

con colores específicos, basados en el tipo de procesos y productos que son generados. Así entonces dependiendo de la fuente que sea consultada los colores y, por tanto, los tipos de Bt pueden ir desde los tres hasta los que superan una decena. Siguiendo una agrupación que sobrepase el mínimo de colores podemos destacar los siguientes, por ser los que nos atañen principalmente en este trabajo<sup>27</sup>:

- **La Bt verde** que comprende a todos los procesos involucrados en el sector agrícola, sobresaliendo el uso de plantas transgénicas así como de OTG microscópicos.
- **La Bt roja** es aquella que concurre en procesos biosanitarios. El fin que persigue es la cura de diversas enfermedades a través de la modificación de los genes que provocan diferentes padecimientos, o incluso su remoción y sustitución por otras partes del genoma que no generen problemas en la salud de un individuo específico. En esta rama se incluyen lo mismo el desarrollo y descubrimiento de nuevos fármacos y vacunas, que la medicina regenerativa y la terapia génica lo mismo que nuevas técnicas para análisis clínicos y diagnósticos médicos.
- **La Bt gris** se centra en los trabajos de biorremediación en diferentes ecosistemas, así como en el tratamiento de aguas residuales y/o la eliminación de metales pesados e hidrocarburos. Entre los organismos más empleados en esta rama se cuentan a diferentes tipos de hongos, algas y plantas. Cabe mencionar que muy próxima a esta clasificación se encuentra la **biotecnología marrón**, centrada en el tratamiento de suelos áridos y desérticos con fines de explotación agrícola.
- **La Bt blanca** está vinculada a diversos sectores industriales. De manera específica desarrolla procesos catalizados por enzimas con el fin de aumentar la velocidad en la obtención de diversos productos, como lo pueden ser el amoníaco, o para el tratamiento de residuos tóxicos generados durante la producción de papel.
- **La Bt azul** es aquella vinculada con la exploración y explotación de los organismos marinos. Entre los productos que derivan de ella están aditivos, colorantes, suplementos alimenticios y cosméticos.
- **La Bt dorada**, responsable de todo lo relacionado con la bioinformática (desarrollo de software y hardware), y dirigida al análisis de datos en procesos biológicos.
- **La Bt negra**, tristemente célebre por estar vinculada al desarrollo de organismos patógenos a fin de emplearlos como armas biológicas.

---

<sup>27</sup> Los elementos seleccionados provienen de la clasificación ofrecida por <https://www.mariscal-abogados.es/los-once-colores-de-la-biotecnologia/> Consultada el 11 de mayo de 2019. Cfr., con <http://descubri.monsanto.com.ar/notas/biotecnologia-en-colores/> Consultada el 11 de mayo de 2019 y en la que tan sólo se mencionan 4 colores y tipos de biotecnología.

## **1.5- Estado de la cuestión. Consideraciones ontológicas y científicas sobre la biotecnología y algunas de sus aplicaciones**

No obstante las pretensiones que persigue un estado de la cuestión, lo cierto es que en el que aquí presentamos no se alcanza a reflejar la cantidad total de fuentes bibliográficas y electrónicas que han sido revisadas, ni tampoco lo que nos ofrecen las entrevistas que fueron hechas a diferentes investigadores y profesionistas relacionados con alguna rama de la biotecnología. Por ello nos enfocaremos en los elementos que consideramos como los más representativos y de mayor utilidad. Por supuesto, es de esperar que en muchos de los trabajos a los que aludiremos directamente se empalme más de un tema. Por ello los comentarios y, de ser el caso, las críticas que hagamos de los trabajos aquí citados se centrarán en los aspectos más relevantes tratados por cada uno de ellos.

Como se ha reiterado antes, aunque éste no es un trabajo que verse sobre la Filosofía de la ciencia ni sobre la Teoría de la Historia, considero indispensable que recurramos a Ian Hacking para comprender con mayor amplitud en qué términos pretendemos dar una estructura al estado de la cuestión. Si bien Hacking nos ofrece explicaciones portentosas sobre la manera en que la ciencia moderna logró avanzar a partir de lo que él llama “la domesticación del azar”<sup>28</sup>, y sobre la forma en que los modelos científicos son desarrollados y establecidos tanto para entender la realidad o un segmento de ella, como para intervenir en la misma<sup>29</sup>, es al hablar de la ontología histórica que podemos observar la convergencia de la historia y la epistemología en la construcción de los objetos de estudio para la ciencia, así como de la manera en que estos pueden ser abordados. Hacking señala:

When history and philosophy intersect, their students must put aside the romantic cravings that so often occlude the vision of philosophers, whether they lust after a moment of original purity or long for an *a priori* framework. Some mingling of history and philosophy, however, exhibit how possibilities came into being, creating, as they did so, new conundrums, confusions, paradoxes, and opportunities for good and evil. We can even address exactly that topic

---

<sup>28</sup> Hacking, Ian, *La domesticación del azar. La erosión del determinismo y el nacimiento de las ciencias del caos*, Trad. Alberto L. Bixio, España, Gedisa, 1991, 363 p.

<sup>29</sup> Hacking, Ian, *Representar e intervenir*, México, Paidós, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2001, 321 p.

mentioned by Johathan Réé, namely “scientific objectivity”. The best present and ongoing investigation of it is being conducted under another label in the “history plus” roster, namely “historical epistemology”... The ideas examined by historical epistemology are the ones we use to organize the field of knowledge and inquiry...

My historical ontology is concerned with objects or their effects which do not exist in any recognizable form until they are objects of scientific study.<sup>30</sup>

Tomando en consideración lo expuesto hasta ahora, el primero de los trabajos que destacaremos será *La revolución tecnocientífica*, de Javier Echeverría<sup>31</sup>. La razón de iniciar con esta fuente no reside tanto en lo que puede proporcionarnos acerca de la biotecnología, como sí en el estudio histórico que ofrece sobre la manera en que la ciencia y la tecnología se fueron desarrollando a partir del siglo XVI para que, llegada la primera mitad de la centuria pasada, se gestara una nueva revolución tecnocientífica en países como Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Alemania, en donde los recursos para su desarrollo inicialmente fueron proporcionados por los gobiernos respectivos, y a los que posteriormente se incorporaron los provenientes de los capitales privados; en ambos escenarios los montos de financiamiento permitieron el desarrollo de diversas investigaciones, tanto en el área científica como en la tecnológica.<sup>32</sup>

En lo referente a las ciencias de la vida en *La revolución tecnocientífica* el término empleado es el de “tecnobiología”. Sobre ésta el autor apunta que como otras nanotecnologías, ella resulta de la convergencia de los quehaceres en la Física, la Biología molecular, la Ingeniería y la Informática. Si bien este proceso ya había iniciado mucho antes de que Watson y Crick descubrieran la estructura helicoidal del ADN, fue hasta mediados del siglo XX que se estableció un cambio de paradigma que habría de transformar de manera radical a la Biología. Como otros autores, Echeverría también contempla algunos aspectos sociológicos entre los que destaca la incorporación de

---

<sup>30</sup> Hacking, Ian, *Historical Ontology*, United States, Harvard University Press, 2002: pp. 7-11.

<sup>31</sup> Echeverría, Javier. *La revolución tecnocientífica*, España, Fondo de Cultura Económica, 2003, 282 p.

<sup>32</sup> Es importante hacer notar que autores como María Mazzucato señalan que es una idea peligrosa el que el Estado se reduzca y deje de ser un emprendedor en la política económica y científica, éste, incluso en países como Estados Unidos, no ha dejado de ser un emprendedor formidable en material de desarrollo científico y tecnológico y al cual la iniciativa privada no le retribuye lo que debiera cada vez que ésta se apropia de los desarrollos que en esa material han sido auspiciados por aquél y financiados por la sociedad. Vid., Mazzucato, María, *The entrepreneurial State*, United Kingdom, Demos, 2011 148 p. Versión electrónica en [https://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial\\_State\\_-\\_web.pdf](https://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial_State_-_web.pdf) Consultada el 27 de mayo de 2020.

científicos ya consagrados, no para dirigir las investigaciones sino para gestionar el financiamiento de las mismas, lo que ahora es un procedimiento estándar en el desarrollo científico y tecnológico contemporáneo, ya sea en el ámbito privado o en el de los laboratorios adscritos a institutos o centros de investigación sufragados por el Estado<sup>33</sup>.

Si el cambio en los modelos de desarrollo inició poco antes de la Segunda Guerra Mundial, ¿qué sucedía a finales de la centuria pasada? En 1998 Jeremy Rifkin, en *El siglo de la biotecnología*<sup>34</sup>, señaló que en su experiencia como científico las discusiones sobre la manera en que la Bt podría afectar diferentes esferas de la vida cotidiana ya estaban presentes desde la década de los 70. A decir suyo, los científicos predecían la creación de especies transgénicas, la clonación de animales y la discriminación a que podría llevar el adelanto de esta rama de la ciencia, así como la inquietud que entre muchos científicos provocaba la creciente comercialización de la vida. A los apuntes hechos por Rifkin hay que sumar que desde 1974 un grupo importante de investigadores estadounidenses intentaron, sin éxito, fijar una moratoria o al menos una regulación que pudiera normar las prácticas y protocolos de bioseguridad en todo lo referente a la manipulación del genoma de diferentes organismos, lo cual fue expresado en el documento conocido como “La Conferencia de Asilomar”<sup>35</sup>.

Volviendo con Jeremy Rifkin, éste señaló que conforme el siglo XX se acercaba a su término nuestra definición de la vida y el significado de la existencia se habían alterado de manera radical, y que el punto de origen de todas estas transformaciones se hallaba en la revolución tecnológica que, en poco más de una generación, había tenido lugar en las ciencias biológicas lo cual derivó en una explosión de posibilidades ofrecidas por la Bt cuyos alcances, decía, “son al a vez apasionantes y escalofriantes”.<sup>36</sup> Ahora, más allá de adentrarse en las definiciones de la Bt, lo que Rifkin nos ofreció fue un estudio formidable sobre la manera en que los OTG fueron incorporados dentro de las dinámicas y la lógica del

---

<sup>33</sup> Habremos de extender las explicaciones al respecto en el capítulo dedicado al inicio de la contemporaneidad en la Historia de la ciencia y su direccionamiento hacia la biotecnología.

<sup>34</sup> Rifkin, Jeremy, *Op. cit.*

<sup>35</sup> “Conferencia de Asilomar (1975), implicaciones éticas de la ingeniería genética”, en <http://apuntesbiotecnologiageneral.blogspot.com/2015/06/conferencia-de-asilomar-1975.html> Consultada el 15 de abril de 2018.

<sup>36</sup> Rifkin, Jeremy, *Op. cit.*, pp. 26.

mercado. Por supuesto, aunque en este análisis no deja de verse el entusiasmo que despertaba en el autor todos los aspectos relacionados con la Bt, ello no quiere decir que en su trabajo faltara un elemento crítico en cuanto a los riesgos generados por ésta.

Así entonces, "... La cuestión no es tanto si se está en favor o en contra de la ciencia y la tecnología en términos generales, sino de qué tipo de ciencia y tecnología se es partidario"<sup>37</sup>. Aunque esta discusión está lejos de alcanzar un acuerdo pleno o una visión más o menos homogénea sobre las bondades, alternativas y riesgos implícitos en algunas ramas de la biotecnología, si es ejecutada en concordancia con la óptica de Rifkin puede facultarnos para un análisis más enriquecedor que sobrepase las interpretaciones de corte reduccionista. Así entonces, antes de proseguir en las discusiones referentes a los impactos generados por el desarrollo y aplicación de la Bt, conviene que conozcamos algunos de los aspectos técnicos sobre esta rama de la ciencia abordándolos de la manera más clara y sucinta que nos sea posible.

Iniciemos con una obra de carácter introductorio coordinada por Antonio Velázquez Arellano y que aborda a la Bt en relación con las investigaciones médicas, *Lo que somos y el genoma humano*<sup>38</sup>. En ésta los autores participantes nos explican que cuando las bases de la genética avanzada fueron sentadas en los años 70, ésta se volvió la ciencia predominante en el horizonte científico de la época y en el que se asomaba al despuntar el siglo XXI<sup>39</sup>. Además de ofrecer un repaso de las prácticas tecnocientíficas basadas en los procesos de recombinación del ADN, es de llamar la atención que en esta obra algunas conceptualizaciones muestran cambios significativos. Uno de ellos es que el término gen, al que ahí se considera como impreciso debido a la función tan vasta que tiene las proteínas<sup>40</sup>,

---

<sup>37</sup> Rifkin, Jeremy, *Ibid*, pp. 312.

<sup>38</sup> Velázquez Arellano, Antonio, (Coordinador), *Lo que somos y el genoma humano. Des-velando nuestra identidad*, México, Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México, 156 p. Toda vez que la obra está realizada por genetistas médicos, no es de extrañar que la misma se enfoque en el desarrollo de fármacos y terapias génicas para el tratamiento de ciertas enfermedades.

<sup>39</sup> Recordemos que, en comparación a este señalamiento, otros autores como J. Rifkin establecen que la presente centuria es el siglo de la biotecnología, mas no de la genética.

<sup>40</sup> Aquí se nos explica que el concepto de gen ha cambiado conforme se han presentado distintos avances en la genética, pero de manera general el gen se define como un segmento de ADN con la información necesaria para sintetizar una proteína, con funciones tan diversas como lo son las proteínas en sí mismas. Ampliando esto, el gen también puede llegar a formar una cadena de Ácido Ribonucleico (ARN), *Vid.*, Velázquez Arellano, Antonio, *Op. cit.*

así como por el desconocimiento que tenemos de una cantidad inimaginable de genes que hemos logrado secuenciar en el genoma de diferentes organismos.

Las discusiones coordinadas por Velázquez Arellano también nos informan sobre diferentes proyectos que han contribuido a modificar la visión que, hasta hace unos cuantos años, se tenía de la genética por lo que ahora es más conveniente hablar de genómica<sup>41</sup>. Esta última nos ha permitido secuenciar el genoma de diferentes especies y ha sido pieza clave para la “creación” de los OTG cuya característica principal, repetimos, es la inserción en su propio genoma de un fragmento del de un organismo diferente para ser empleado en diversas actividades humanas<sup>42</sup>.

Un dato interesante sobre la información genética de los seres vivos y los virus, es que los análisis nos muestran que evolutivamente el tamaño de un genoma, que no la cantidad de genes, se incrementa a lo largo de su escala filogenética en lo que se conoce como “la paradoja del valor”, misma que revela el por qué la combinación entre los genomas de diferentes organismos, a pesar de los avances impresionantes que han tenido las técnicas de ADN<sub>r</sub>, continúa representando obstáculos formidables para muchas de las prácticas que derivan de la Bt. Para entender lo anterior se nos ofrece un ejemplo que parte de la comparación entre una amiba y el ser humano. En tanto la primera puede llegar a contar con un genoma formado por 670 mil millones de pares de bases nitrogenadas, nuestra especie en cambio tan sólo tiene tres mil millones. Sin embargo, a diferencia de lo que sucede con la amiba, nuestras bases pueden combinarse de tal forma que contamos con más o menos 25 mil genes capaces de formar alrededor de un millón de proteínas

---

<sup>41</sup> Es decir, la ciencia que estudia la estructura y función de los genomas no solamente haciendo una comparación entre los de especies diferentes sino, también, las múltiples interacciones que se dan entre los genes así como factores internos y externos al organismo con el fin de comprender mejor los fenómenos biológicos. Al respecto, en la misma obra coordinada por Velázquez Arellano, Aarón Domínguez señala que actualmente nos encontramos en la era “pos genómica”, la cual conduce a una mayor complejidad en los estudios así como a un enfoque más holista en el que intervienen diferentes áreas del conocimiento, y en el que se tienen mayores consideraciones sobre los estudios sobre el ADN pero, en esta ocasión, a nivel molecular. Esta misma tesis también se señala en Bedau, Mark A. y Carole E. Cleland (Compiladores), *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*, Trad. Mariano Sánchez Ventura, México, Fondo de Cultura Económica, 2016, 870 p.

<sup>42</sup> Sobre esto, a decir de F. Bolívar Zapata, las técnicas de ADN<sub>r</sub> que han dado lugar a los OTG tuvieron en la medicina su primer campo de acción, siendo el segundo el sector agrícola y el tercero el industrial. *Vid.* Bolívar Zapata, Francisco, (Coord.), *Biología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, 2001: pp. 21.

diferentes, cada una con funciones muy específicas y que hacen de nosotros seres tan distintos a organismos unicelulares como la amiba.

Ampliando las discusiones acerca de la historia de la genómica, a la que tomamos en esta investigación como un segmento de la Bt, debemos mencionar al Proyecto Genoma Humano (PGH) cuya meta principal fue conocer la secuenciación de nuestra propia carga genética. Esto se logró a comienzos del nuevo milenio abriendo una plétora de posibilidades para el tratamiento de padecimientos y enfermedades diversas. Es de llamar la atención que si bien el PGH se formuló y dio inicio en Estados Unidos, a él pudieron sumarse grupos de científicos e investigadores de otras áreas provenientes de distintos países entre los cuales, por cierto, no figuró México<sup>43</sup>.

En concordancia con las pretensiones del PGH, y las que busca la Bt roja, es importante señalar que contamos con un buen número de estudios realizados por diferentes autores, los cuales se dirigen tanto al diseño y ejecución de terapias génicas así como a la producción de lo que ahora se conoce como biomedicamentos. Debemos aclarar que esta denominación contempla a los fármacos producidos mediante el empleo de OTG y cuya patente no ha expirado; cuando ésta vence las compañías farmacéuticas pueden elaborar fármacos semejantes, que no idénticos, denominados medicamentos bioequivalentes. La producción de ambos está por completo vinculada no sólo al desarrollo de la Bt sino, también, a un vasto conjunto de leyes, normas y reglamentos que en el caso de México estudiaremos de manera específica más adelante. Por último, es importante destacar que los estudios y análisis relacionados con la Bt aplicada a la salud humana mencionan de manera recurrente la necesidad, imperativa, de que las decisiones que se tomen a este respecto sean democráticas.

La anterior es una inquietud que, adelantamos, permea en prácticamente todas las ramas en que la Bt es dividida. Sin embargo, y a pesar de la importancia de esta discusión, lo común es que se dediquen pocas líneas a la misma. Sobre esto último sostengo que la idea de “democratizar” la ciencia, aunque correcta, suele caer en idealismos casi imposibles

---

<sup>43</sup> Wilphen Vázquez Ruiz, “La genética humana en México. El papel de las agrupaciones científicas y las instituciones públicas”, Tesis de Maestría en Historia, Asesora: Ana Cecilia Rodríguez de Romo, Universidad Nacional Autónoma de México, 2006, 187 p.



de realizar. Esto no debe extrañarnos pues la aplicación y ejecución de prácticas democráticas en la relación que se da entre la tecnociencia, la sociedad y el medioambiente, es un asunto por demás complejo que el propio estado de la cuestión no alcanza a resolver. Pero esta es una discusión que abordaremos en el capítulo 4 y de la que tan sólo adelanto que personalmente no acepto que se decida el desarrollo tecnocientífico con base en prácticas democráticas, sino en la razón científica y jamás en la politización de la tecnociencia<sup>44</sup>. Más adelante ahondaré en esta discusión.

Ahora, aunque no es conveniente glosar en demasía los aspectos técnicos de nuestro objeto de estudio, pienso que vale la pena mencionar uno de los muchos trabajos que a este respecto han sido producidos por Edna Suárez. Nos referimos a “Pragmatismo y filosofía del experimento: el caso del DNA satélite”<sup>45</sup>. De manera muy concreta, más que hablar sólo de la Bt, la autora alude a una interpretación cuyo origen se ubica en los años 70 y que actualmente es conocida como “evolución molecular”. Esta última nos lleva a considerar las investigaciones sobre las bases nitrogenadas a un nivel mucho más específico, que sólo puede darse a partir de tecnologías experimentales novedosas y objetos tecnológicos muy avanzados en lo que Ian Hacking denomina como “tradiciones experimentales” de la ciencia<sup>46</sup>. Éstas permiten la estabilización de diversos fenómenos estudiados en los laboratorios lo cual depende, a su vez, del desarrollo de nuevas tecnologías experimentales y objetos tecnológicos.

Amén de la explicación de algunos elementos técnicos, destacamos dicho trabajo por el señalamiento de la autora de que fue a partir de la década de los años 80 cuando los estudios sobre la ciencia volcaron su vista hacia estas “tradiciones experimentales” y por el hecho de que éstas también obedecen a una historicidad, lo que nos recuerda la importancia

---

<sup>44</sup> Incluso el propio término tecnociencia, acuñado por Burno Latour, merece un análisis particular el cual será desarrollado en el capítulo uno.

<sup>45</sup> Edna Suárez “Pragmatismo y filosofía del experimento: el caso del DNA satélite”, en Miguel Esteban, J. y Sergio F. Martínez, *Normas y prácticas en la ciencia*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2008, pp. 201-219.

<sup>46</sup> Ian Hacking señala que uno de los errores cometidos por T. S. Kuhn al explicar la estructura de las revoluciones científicas reside en que, a diferencia de Hacking, Kuhn no reconoce el papel que tienen dichas “tradiciones científicas” en la evolución de los paradigmas siendo que éstas representan a la tradición experimental que subyace en los fundamentos que permiten el surgimiento de nuevas teorías paradigmáticas.

de abordar este tipo de problemáticas como un campo de estudio para la Historia de la ciencia.

Sobrepasando los aspectos solamente técnicos de la biotecnología John Smith establece que ésta es, quizá, la ciencia más multidisciplinar y que el presente siglo estará marcado por ella como no lo será por ninguna otra disciplina científica. Lo que recalcamos en su argumentación es que fue en la última parte del siglo XX cuando los fundamentos de los procesos de la vida lograron ser conocidos, a tal grado, que podía intervenir en la vida misma a escalas y tiempos antes inimaginables<sup>47</sup>.

En cuanto al término biotecnología, Smith considera que éste en realidad es un tanto vago ya que no puede ser entendida como una disciplina única, sino como una serie de campos convergentes. En tal discernimiento el autor empatiza con uno de los comentarios hechos por Salvador Bergel y otros investigadores<sup>48</sup>, quienes establecen como un error semántico dar el nombre de biotecnología a lo que en rigor se debiera llamar biotécnica. Las razones para tal argumento están en que la biotécnica, lo mismo que la tecnociencia, se desarrolla de manera independiente y con una supuesta inmunidad hacia toda reflexión ética, provocando así una serie de transformaciones artificiales, e irreversibles, en los procesos vitales y de los seres vivos. La biotecnología en cambio, para estos investigadores, se refiere al pensamiento instrumental establecido para revisar los supuestos valorativos en los que se basa la actividad biotécnica.

Volviendo a los comentarios de John Smith, éste señala que el crecimiento de la Bt moderna ha sido paralelo a los cambios de gran envergadura acaecidos en la economía mundial desde 1973. En cuanto a la capacidad de los países en vías de desarrollo para aprovechar la Bt, apunta que ello dependerá de la capacidad de los mismos para integrar los desarrollos más avanzados provenientes de otras latitudes a sus propias investigaciones y sistemas de innovación, los cuales deben obedecer a sus necesidades particulares y prioridades específicas. Esto nos permite ver que lo que se aplica de manera exitosa en un

---

<sup>47</sup> Smith, John E. *Biotecnología*, Trad. Fernando Escrivá Pons, *et. al.*, España, Acriba, 2006, 267 p.

<sup>48</sup> Bergel, Salvador y Alberto Díaz (Organizadores), *Biotecnología y sociedad*, Argentina, Ciudad Argentina, 2001, 560 p.

país y en un ámbito geográfico definido, no necesariamente generará los mismos resultados favorables en otros cuyas condiciones y características son distintas.

Lo anterior no evita que Smith considere como injusta la oposición que una “minoría vocal”, particularmente en el Continente Europeo, ha sostenido hacia las plantas genéticamente modificadas (situación que, añadido, también se presenta en México). La crítica del autor a este argumento se basa en que en el mundo en que nos encontramos muchos son los países, incluyendo los altamente industrializados, en los que la agricultura sostenible pronto será imposible sin el uso y la disponibilidad de la ingeniería genética vegetal; de hecho, el autor se atreve a señalar que en este asunto no se trata de llevar a cabo una elección sino que es algo obligatorio.

Lo anterior es una muestra de la serie de discusiones que se ha generado entre ambientalistas y biotecnólogos. Como parte de ellas está el que los productos y prácticas generadas por la biotecnología nos ofrecen consideraciones de peso para replantearnos la forma en que entendemos el fenómeno de la vida, tal y como nos lo dejan ver autores como Mark A. Bedau, Carole E. Cleland y otros<sup>49</sup>, de quienes resaltamos en particular que eso a lo que llamamos “vida”, es un fenómeno difícil de explicar y de definir. Dependiendo de criterios basados ya sea en el crecimiento, la reproducción o la naturaleza universal de la bioquímica, la vida puede ser definida y entenderse de diversas maneras; aunque en todas estas discusiones hay elementos en común, ellas están muy lejos de poder ser consideradas como homogéneas, sin problemas que resolver ni preguntas que contestar.

Dentro de la riqueza conformada por todos estos enfoques preponderamos que, actualmente, nos encontramos en el umbral de poder “crear” organismos vivos con base en numerosas técnicas de ADNr. Es de esperar que si logramos dar ese paso buena parte del mundo que conocemos, y la forma en la que éste está organizado y es concebido, sufrirá un embate de tal magnitud que no habrá otro camino que redefinir o reinventar lo que significa no sólo el fenómeno de la vida sino, también, la existencia humana misma. Ahora, cualquiera que sea la consideración sobre la Bt, sus productos, prácticas y tendencias (incluyendo las discusiones acerca del transhumanismo, la biopolítica, la clonación o la

---

<sup>49</sup> Bedau, Mark A. y Carole E. Cleland, Op. cit.

inteligencia artificial), es indispensable destacar que el desarrollo de todas estas variantes tecnocientíficas responden a una historicidad que, como se señaló antes, hunde sus raíces hasta los años 30 del siglo XX en Gran Bretaña, Alemania, Francia y, por supuesto, Estados Unidos<sup>50</sup>.

En cuanto a otras discusiones incorporadas a nuestro estado de la cuestión, están aquellas que se refieren a las repercusiones sociales que ha provocado el desarrollo de la Bt. Entre ellas podemos tratar ahora con mayor detenimiento el trabajo organizado por Salvador Bergel y Alberto Díaz<sup>51</sup>. Contando con una abundancia considerable de temas, dicho estudio lo mismo aborda la aceptación pública de productos farmacéuticos obtenidos mediante técnicas de ADNr, que las discusiones que estos últimos generan en los ámbitos de la ética y la política. De igual forma se discuten los riesgos que implican los OTG, particularmente vegetales, ya sea que se les destine al consumo humano y/o animal o para ser liberados en el medio ambiente con otros fines. En este sentido llama la atención que uno de los coautores cite el trabajo de Ulrich Beck, quien denomina como “sociedades del riesgo global” a aquellas que inicialmente de manera encubierta y, después, sin tapujo alguno, imponen los intereses económicos generados por la venta de los OTG por encima de los intereses sociales.

A diferencia de otras lecturas que se enfocan en la divulgación y beneficios que pueden ofrecer el desarrollo de la Bt y sus productos, en la última a la que nos hemos referido se hace reiteradamente hincapié en que toda actividad humana implica riesgos, y que la Bt no es la excepción. Aunque el texto no deja de hacer referencia a las bondades de las técnicas de ADNr también lo hace a formulaciones como el “Principio de precaución”, surgido en Alemania durante los años 70, y que se dirigía a asegurar el resarcimiento de los individuos quienes llegaran a verse afectados nocivamente por los productos químicos empleados en las actividades agrícolas, lo cual no comenzó a ser instrumentado sino hasta veinte o treinta años después.

Adelantándonos un poco a nuestras discusiones futuras, debemos señalar que el “Principio de precaución” no deja de despertar suspicacias entre muchos miembros de la

---

<sup>50</sup> Sobre esto último es indispensable la lectura de Estefanía Blancas García y Rafael Guevara Fefer, *Op. cit.*

<sup>51</sup> Bergel, Salvador y Alberto Díaz, *Op. cit.*

comunidad científica en nuestro país, quienes consideran que aquél no es aplicado en la Bt. Una afirmación como ésta no carece de razón ante una paradoja generada por la propia Bt, ésta es: que los problemas que ella ha generado sólo pueden ser resueltos, o aminorados, a partir de un mayor desarrollo tecnológico que incluye nuevamente a la Bt <sup>52</sup>. Ahora, sin desconocer el grado de acierto que alcanzan estas aseveraciones, sostengo que las mismas deben ser analizadas con el tamiz que nos muestra que la realidad no se conforma únicamente de luces y sombras sino, también, de un sinfín de tonalidades grisáceas. Me explico: sin caer en idealismos el principio de precaución establece protocolos y medidas de seguridad en torno a los OTG, tanto para los laboratorios en donde estos son desarrollados y/o contenidos, lo mismo que en los espacios en los que aquellos pueden ser liberados. Esto se ve reflejado en la extensa normatividad que nuestro país ha generado en los últimos años a ese respecto y a lo cual dedicaremos un análisis más detallado cuando llegue el momento.

Ahondando en lo anterior, pienso que debe debemos reconocer que la Bt, como cualquier conocimiento o práctica generada por la humanidad, responde a la intencionalidad de quienes la generan y desarrollan y que bien puede distanciarse de los principios de la moral positiva. Pero insistimos en que ésta es una discusión que no abordaremos en este trabajo.

Ahora bien, regresando al “Principio de precaución” anunciado en *Biotecnología y sociedad*, conviene recordar que en la década de los años 70 dicho “Principio” no se refería a los daños que podían generar los OTG<sup>53</sup>, sino a los perjuicios que trajo la llamada “Revolución verde”, y a la cual se le sigue criticando por no haber alcanzado las metas que tan pomposamente anunciaba. Aunque históricamente la Revolución verde y los vegetales transgénicos están emparentados, debe aclararse que la primera siguió pautas distintas a las que actualmente siguen los OTG. Sin embargo una coincidencia entre ambas es que, hasta ahora, quizá la mayoría de los OTG no han sido diseñados para apoyar a los pequeños agricultores como tampoco lo hizo la Revolución verde. De cualquier forma, las propuestas generadas por el "Principio de precaución" no fueron plasmadas de manera formal sino

---

<sup>52</sup> Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz.

<sup>53</sup> Las consideraciones en torno a los riesgos provocados por la introducción de los OTG al medio ambiente serían incorporadas pocos años después.

hasta 1987, en lo que fue la XII Conferencia Internacional sobre protección del Mar del Norte.

Otro componente que despierta el interés en esta fuente bibliográfica es el que hace referencias específicas al caso mexicano, ofreciendo una serie de comentarios en cuanto a los ámbitos de acción y responsabilidad que ciertas dependencias gubernamentales deberían cumplir en relación con los Organismos vivos modificados (OVM)<sup>54</sup>. De igual forma, se ofrece una explicación sobre la manera en que la biotecnología comenzó a desarrollarse plenamente fuera de los laboratorios universitarios a partir de los años 80, específicamente en Estados Unidos, pero con base en la conjunción de una serie de factores y elementos que incluyeron una investigación robusta, original e innovadora en ciencia básica que estuviera acompañada por un complejo industrial activo, así como por un sector financiero estable y dinámico, condiciones que han estado lejos de prevalecer en los países considerados como "periféricos".

Ya que hemos abordado algunos de los aspectos técnicos y sociales relacionados con la Bt, necesitamos ampliar la discusión sobre lo que denominamos como Bt roja, misma que en su desarrollo ha transformado nuestros conceptos de la salud, la enfermedad y de nosotros mismos. Para tal fin consideraremos los análisis realizados por cuatro autores quienes tratan estos temas de manera específica.

Iniciamos con Ricardo Páez<sup>55</sup> y Emilio la Rosa<sup>56</sup>. Las discusiones ofrecidas por cada uno de ellos son lo suficientemente coincidentes como para hacer un comentario único sobre ambas. Dos son los ejes principales que las vinculan: el primero de ellos es el proceder de las grandes compañías farmacéuticas, el cual muestra el enorme conflicto de intereses que se presenta entre algunos científicos y ciertos grupos económicos. Este análisis nos conduce a la necesidad imperativa de cambiar los paradigmas con los que las enfermedades han sido abordadas, toda vez que la instrumentación de la que fue objeto el cuerpo humano, junto con el reduccionismo biológico, llevó a que lo patológico fuera

---

<sup>54</sup> Ésta es otra forma de referirse a los OTG, pero no es del todo correcta, lo que será discutido en el capítulo dos.

<sup>55</sup> Páez, Ricardo, *Pautas bioéticas. La industria farmacéutica entre la ciencia y el mercado*, México, Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, 2015, 340 p.

<sup>56</sup> La Rosa, Emilio, *La fabricación de nuevas patologías*, 2 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2011, 234 p.

definido como una desviación de la norma físico-química y como una mutación molecular. En otras palabras, esto condujo a que lo patológico llegara a ser considerado con base en una visión monofactorial y extrínseca, cuando en realidad lo que ahora sabemos es que el desarrollo de un padecimiento se origina y evoluciona en una persona con un bagaje biológico y psicológico único, inmerso en un entrono físico y social determinado, por lo que resulta más conveniente no hablar de enfermedades sino de enfermos.

El segundo eje en el que empatan Ricardo Pérez y Emilio la Rosa está marcado por las consideraciones acerca de las prácticas médicas, así como sobre el desarrollo de nuevos fármacos y técnicas para la cura o la reducción de los efectos provocados por un padecimiento específico. Ambos autores coinciden en que en el desarrollo de la medicina, preventiva y curativa, se deben considerar las determinantes sociales involucradas en la salud humana lo mismo que la justicia distributiva y la social. En conjunto estos elementos nos pueden permitir tomar las mejores decisiones como país, con base en nuestras circunstancias, en el entendido de que los beneficios deben alcanzar el mayor grado de justeza y número de individuos que sea posible.

En cuanto a las consecuencias del desarrollo de la Bt roja, ahora revisaremos las reflexiones que hace Juliana González sobre la praxis genómica en *Genoma humano y dignidad humana*<sup>57</sup>. En esta obra la autora apunta que, sin duda, el mayor potencial científico y tecnológico del nuevo conocimiento genómico es el de su capacidad terapéutica, teniendo como el principal de sus objetivos el desarrollo de nuevos fármacos más efectivos y mejor tolerados por el paciente. Ahora bien, a pesar del enorme potencial de este tipo de farmacología, es importante señalar que si bien la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2004 se pronunció en favor del desarrollo de la medicina genómica, ello no significaba en absoluto que las formas tradicionales de ejercer la medicina debieran ser abandonadas. Lo más interesante de este apunte quizá sea que quienes desarrollan a la genómica también deben ser conscientes de los límites que ésta tiene.

A lo anterior se debe añadir la existencia de prácticas negativas que resultan, o pueden resultar, del desarrollo de la genómica. Entre ellas se cuentan, por un lado, el

---

<sup>57</sup> González Valenzuela, Juliana, *Genoma humano y dignidad humana*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-ANTHROPOS, 2005, 252 p.

desconocer la singularidad de todos los individuos así como el uso perverso que puede darse a lo que hoy conocemos como “datos personales”, lo que en un futuro no muy distante podría dar lugar a diferentes prácticas discriminatorias e incluso eugenésicas.<sup>58</sup> Por otro lado, está el tema relacionado con la práctica de patentar el genoma de diferentes especies, incluida la nuestra. Sobre ello, Juliana González menciona tres instancias o parámetros internacionales en donde se confrontan las diferentes posturas acerca de la pretensión de patentar la vida:

- El primero de ellos está en la legislación estadounidense, en la que prácticamente todo es patentable.
- El segundo es la UNESCO, para la cual el genoma humano en su estado natural no debe dar lugar a ganancia financiera alguna.
- El tercero es la de la Unión Europea en la que, al momento en que este estudio se publicó, se presentaba un debate entre las dos posturas anteriores destacando el caso de Francia por ser un país más proclive al otorgamiento de patentes, cuando los genes provenientes de un organismos logran ser aislados y sujetos a un proceso técnico<sup>59</sup>.

Esta obra, hay que decirlo, es bastante equilibrada pues al tiempo que se establece que el punto de vista de la tecnociencia no puede ser el que predomine en las prácticas científicas, ni en muchas de las relaciones humanas, también muestra que por un lado carece de sentido dar la espalda a los requerimientos de la tecnociencia para lograr el mayor provecho de ella; y por el otro, la necesidad de establecer límites infranqueables que eviten que la dignidad humana se vea afectada negativamente.

Otro aspecto en el que el estado de la cuestión ofrece recursos suficientes para nuestro objeto de estudio, es el que se refiere al empleo de la Bt en el sector industrial y la biorremediación (lo que equivale a los colores gris, marrón y blanco con los que se identifican ciertas actividades). Probablemente esta rama de las ciencias de la vida sea la que, simultáneamente, provoca un elevado entusiasmo y una oposición relativamente moderada debido a las expectativas que genera. Si bien esto se abordará de manera

---

<sup>58</sup> Esto, claro está, no ha de hacernos desconocer la discriminación que ya existe al interior de las sociedades por diversos motivos que incluyen lo económico y lo cultural.

<sup>59</sup> Al respecto podemos añadir que nuestra propia investigación ha observado que, en el Continente europeo, se ha mantenido esta situación de indefinición hacia una postura más homogénea.



específica como una parte de nuestra investigación, por ahora destacamos tres trabajos cuya autoría principal pertenece al mismo autor: Francisco Bolívar Zapata. Nos referimos a *Biología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI*<sup>60</sup>, *Fundamentos y casos exitosos de la biología moderna*<sup>61</sup> y *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*<sup>62</sup>, publicados en 2001, 2007 y 2011 respectivamente.

Debemos anotar que lo que en principio pudiera parecer una desventaja al centrarnos en un solo autor, en realidad no lo es. ¿Por qué? El retomar estos tres estudios no significa que nos enfrentemos a una visión que presente pocos cambios a lo largo de 10 años. Además, con esta triada tenemos acceso no sólo a la opinión de uno de los miembros más connotados de la comunidad científica en México vinculado con la Bt en general sino, de igual forma, a la de una treintena o más de científicos que coinciden en las líneas generales con la posición que Bolívar Zapata guarda con respecto a la Bt y los OTG, amén de que los temas abordados son los suficientemente variados para no caer en una repetición de argumentos simple y llana.

Para facilitar el tratamiento de este segmento en nuestro estado de la cuestión nos referiremos a estos autores sin mencionarlos de manera específica. El común denominador entre todos ellos reside en el entusiasmo y aceptación de las prácticas biotecnológicas así como de los OTG que, hay que reconocer, en ocasiones llega a ser desmedida. Sin embargo, en el mismo conjunto de opiniones también se hace fuertemente hincapié en que el desarrollo de la Bt, incluyendo sus productos y servicios, debe darse de la manera más responsable que sea posible y que para esto suceda, se tiene que buscar la mayor coincidencia asequible entre las necesidades y las metas de los actores sociales y económicos al interior de nuestro país. De igual forma también se deben considerar las relaciones que México guarda con otras naciones con base en nuestro propio marco jurídico, el cual ha sido modificado a partir de la adscripción de México a diferentes

---

<sup>60</sup> Bolívar Zapata, Francisco, (Coord.), *Biología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, 2001, 339 p.

<sup>61</sup> Bolívar Zapata, Francisco, (Compilador y editor) *Fundamentos y casos exitosos de la biología moderna*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Biología, El Colegio Nacional, CONACYT, CIBIOGEM, 2007, 718 p.

<sup>62</sup> Bolívar Zapata, Francisco, *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*, México, Academia Mexicana de Ciencias: Comité de Biología, 2011, 179 p.

acuerdos internacionales siendo los más importantes para esta investigación lo que hasta hace poco fue el TLCAN, ahora TEMEC; el Protocolo de Cartagena y el Acuerdo de París.

Estos trabajos tienen, además, el acierto de mostrar la historicidad de la propia Bt y de que su mirada no sólo se dirige a un aquí y ahora sino, también, a las posibilidades que se asoman en el horizonte mediano. Por ejemplo, sobre las alternativas hay un dato insólito: el que para inicios del nuevo milenio alrededor del 90% de los microorganismos presentes en una muestra de suelo no habían sido identificados ni cultivados, lo cual indica que las posibilidades en el campo de la biorremediación son espectaculares. A este apunte hay que confrontar un dato tristemente notable proporcionado por el Instituto Nacional de Ecología: para 2001 nuestro país perdía casi el 12% de su PIB debido al agotamiento de sus recursos naturales, incluyendo el suelo, lo que resalta la importancia que puede tener la Bt a este respecto.

Aunque no puede negarse que la posición de estos trabajos llega a pecar de un optimismo bastante idealista sobre las oportunidades que ofrece la Bt, y la velocidad con que éstas pueden llegar a presentarse, hay que reconocer que al margen de tal sobrevaloración hablamos de una rama de la ciencia que por su propio carácter inter y multidisciplinario, es capaz de generar sinergias que incluyen la creación de un número por demás considerable empleos directos y muchos más generados de manera indirecta<sup>63</sup>. De igual forma el entusiasmo por la biotecnología, no impide a Bolívar Zapata ni al resto de los autores señalar que las metas posibles que puedan ser planteadas no llegarán a dibujarse siquiera, a no ser que en México la política hacia la Ciencia y la Tecnología junto con los presupuestos contemplados para ella presenten cambios y mejoras más que significativos<sup>64</sup>. En cuanto a las aplicaciones de la Bt y el uso de los OTG, una de las alternativas que

---

<sup>63</sup> En la misma línea que guardan los señalamientos de Bolívar Zapata se suman los de Rebeca de Gortari Rabiela, “XIII. La nueva administración del conocimiento. El papel central de las áreas tecnológicas en las grandes empresas mexicanas”; y de Carolina Castaldi y Giovanni Dosi, “XV. Modelos internacionales de crecimiento y aprendizaje tecnológico en una economía “globalizada”: el papel de las políticas públicas”. Ambas en Dutrénit, Gabriela, *et. al.*, (Coordinadores), *Globalización, acumulación de capacidades e innovación. Los desafíos para las empresas, localidades y países*, México, Fondo de Cultura Económica, Organización de Estados Iberoamericanos, 2007: pp. 365-383, 417-452.

<sup>64</sup> En cuanto a los disensos que ha generado la política seguida por el Gobierno y la administración federal que corre de 2018 a 2024, aunque ello escapa a nuestra periodización ofreceremos algunas anotaciones muy puntuales en capítulos posteriores.

despierta un particular entusiasmo y gran rechazo a la vez, es la producción de alimentos de origen vegetal en los que se involucra a la Bt y que, por cierto, es bastante cuantiosa.

Sobre lo anterior Julio Muñoz Rubio, junto con otros autores<sup>65</sup>, ofrece una serie de explicaciones generales en la que se destaca, con insistencia, los beneficios que estos OTG pueden ofrecer. Cabe mencionar esta obra a pesar de sus bondades es poco equilibrada pues, con excepción de un apartado en el que se incluye una disertación en contra de los OTG cuya autoría corresponde a Elena Álvarez-Buylla, el resto de los apartados son coincidentes en la aceptación plena de los OTG. En el caso de Álvarez-Buylla la críticas tienen como base una serie de análisis con los que muestra las que, en su consideración, son las principales desventajas y riesgos que tiene la producción y liberación de estos OTG en los ecosistemas en general, y específicamente en los de México por ser éste el centro de origen del maíz así como de otras gramíneas y plantas.

Ahora bien, obedeciendo a un principio filosófico en el que debe primar la discusión basada en argumentos y contraargumentos, podríamos señalar que el apartado escrito por Álvarez Buylla adolece de la falta de autocrítica que también prima en los demás autores, toda vez que sólo observa con detenida atención los elementos que desea destacar en contra de los OTG, y aquellos en favor de las variedades de maíz conocidas como “criollas”, haciendo a un lado en su discusión las ventajas propias de los OTG. Sobre esto podemos preguntarnos, por ejemplo, si acaso los maíces criollos son inmunes al ataque de cualquier tipo de insecto así como a las condiciones de estrés medioambiental. De igual forma podríamos preguntar si los OTG son una alternativa que garantice la solución de problemas diversos, así como la valoración y conservación de los saberes ancestrales que forman una parte invaluable de las culturas que existen en México, o cualquier parte del orbe.

Lo anterior es una muestra de la falta de acuerdos, e incluso de la polarización que existe entre muchos de los miembros de las comunidades científicas y políticas en México, así como de la población en general acerca de los OTG, y que también se ve reflejada en cómo estos son percibidos en la sociedad. Sobre esto hay que decir que uno de los elementos que no abona a favor de una mejor comprensión y valoración de la Bt, es la

---

<sup>65</sup> Muñoz Rubio, Julio (Coord.), *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Siglo XXI, 2004, 298 p.

desproporción en el número y tipo de estudios asequibles a nivel de divulgación. Mientras que para la Bt verde existe una cantidad vasta de datos y análisis, en favor o en contra de los OTG empleados en ella, ésta es una situación que no se repite con otras ramas de la Bt como pudieran ser aquellas dirigidas a la biorremediación, y que incluyen el tratamiento de las aguas residuales generadas por la industria, el comercio y el consumo propiamente humano<sup>66</sup>.

Hasta ahora, por ejemplo, la capacidad que tenemos como país para tratar los caudales mencionados es más bien limitada, no obstante que ésta es una rama de la Bt que puede ser empleada favorablemente en el cuidado y mejoramiento del medio ambiente, así como para hacer más eficiente el uso de los recursos naturales con los que aún contamos, particularmente el agua. Ahora, recordando los comentarios ofrecidos por Bolívar Zapata una cosa son las posibilidades y otra, muy distinta, la ejecución de las acciones para que transitemos de lo posible a lo real. Esta situación es aplicable a diferentes ramas de la industria que incluyen la producción de plásticos, pinturas, juguetes, papel, cemento y fármacos, entre muchos otros ejemplos, en los que una política ambiental más certera pudiera ofrecernos alternativas por demás exitosas. Esto último nos obliga a ampliar el rango de las discusiones contempladas en el trabajo que presentamos ahora.

## **1.6- Otras discusiones vinculadas con el estado de la cuestión. Algunos ejemplos prácticos**

En este apartado analizaremos una serie de fuentes bibliográficas y electrónicas que, en primera instancia, parecerían no estar vinculadas con el forjamiento de nuestro estado de la cuestión. Sin embargo, toda vez que la ciencia así como sus aplicaciones y productos son el resultado de procesos históricos en los que se vinculan dinámicas y actores científicos, sociales, políticos y económicos, es conveniente que las consideremos. Así entonces, ahora incorporamos algunas discusiones basadas en la teoría pura del derecho; otras que se refieren a algunos aspectos muy específicos de la bioética en relación con la jurisprudencia; unas más que tratan la manera en que la ciencia se desarrolla a través de la confrontación

---

<sup>66</sup> Al igual que otros temas enunciados en el estado de la cuestión, lo referente a la biotecnología gris y otras cercanas a ella merecerá un análisis propio en el capítulo cinco.

entre los grupos científicos y políticos; y, por último, unas cuantas reflexiones referentes a la relación biotecnología-sociedad.

Iniciemos con algunas consideraciones en torno al Derecho. Incluir este tema en un estado de la cuestión no es gratuito. ¿Por qué? Porque todas las actividades tecnocientíficas derivan en productos y funciones que, en cierto tiempo, habrán de modificar las dinámicas sociales una vez que aquellos sean incorporados al mercado de bienes y servicios. El tipo de relaciones entre los individuos así como entre los diferentes estados y gobiernos en todo lo que tenga que ver con la biotecnología se establece, principalmente, con base en los lineamientos fijados por las jurisprudencias correspondientes las que, a su vez, no parten de los términos y proposiciones del derecho natural, sino de los provenientes del derecho positivo cuyas resoluciones deben ser acatadas al margen de que éstas puedan ser consideradas justas o abusivas<sup>67</sup>.

Lo que hemos señalado no debe hacernos pensar que el derecho positivo es el único que termina por normar nuestra conducta a nivel individual o colectivo, así como entre las instituciones y/o los países; tampoco lo es que los actores sociales obedezcan ciegamente a la normatividad generada por aquél, pues siempre existen espacios para que dichos actores puedan alcanzar algún tipo de acuerdo por medio de mecanismos no contemplados en el derecho positivo e, incluso, ni por el derecho natural. Esto puede ser entendido más fácilmente si recordamos que cada individuo tiene una intencionalidad propia que responde a su propio código de valores, siendo éste el que guía sus acciones<sup>68</sup>. Nos hemos detenido en este comentario pues si acaso pensáramos en la ciencia como una entidad “independiente”, cuyo fin último es la búsqueda del conocimiento, ello no significaría que la intencionalidad o la ideología de los individuos necesariamente empatara con las metas perseguidas por la ciencia.

---

<sup>67</sup> Un ejemplo de esta situación está en el rechazo que, de manera reiterada, manifiestan diferentes grupos sociales y organizaciones no gubernamentales (ONG) ante decisiones tomadas por el Gobierno en relación a la biotecnología y, que desde la perspectiva de los primeros, no consideran las afectaciones negativas que se provocan al tejido social ni al medioambiente.

<sup>68</sup> Para un acercamiento a la Axiología o estudio de los valores Vid., Frondizi, Riseri, *¿Qué son los valores? Introducción a la axiología*, 5 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 1972, 236 p.

Por ejemplo, es un hecho que los procesos de institucionalización de las prácticas científicas son definidos en la arena política. Un caso específico en México fue la formación de lo que hoy es el Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), fundado en 2004. Si revisamos la historia a través de la cual pudo surgir dicho instituto veremos que ello se debió, en buena medida, a las negociaciones y acuerdos a los que tuvieron que llegar las facciones políticas que estaban en favor o en contra de las diversas líneas de investigación que, en un principio, estaban propuestas para ser desarrolladas. En este proceso las negociaciones tuvieron un impacto no del todo favorable para el desarrollo del INMEGEN, a lo que también se sumó la falta de los recursos económicos suficientes que originalmente habían sido comprometidos<sup>69</sup>.

Otra exposición con la que podemos ampliar las discusiones del Derecho en torno al desarrollo de la Bt, está en que algunos elementos propios del derecho “natural” o de “gentes” se confrontan continuamente con la normatividad que surge del derecho positivo, pudiendo incluso a incidir en él. Esto ha llegado a presentarse cuando se conjuntan los intereses y esfuerzos de algunas comunidades agrícolas, ONG y ciertos miembros de la comunidad científica nacional e internacional, cuyos argumentos están enlazados por la bioética enfocada al análisis de las políticas públicas, mediante las cuales se busca regular y resolver conflictos en la vida social<sup>70</sup>. Ejemplo de esto es la moratoria que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)<sup>71</sup>, impuso en 2016 a la importación y liberación de granos transgénicos en algunas áreas de nuestro territorio<sup>72</sup>.

Ahora, si bien el caso referido fue un suceso notablemente significativo y valioso, al escribir estas líneas estaba lejos de ser resuelto de manera favorable y definitiva para esas

---

<sup>69</sup> Vid., Wilphen Vázquez Ruiz, *Op. cit.*

<sup>70</sup> Vid., Comisión Nacional de Bioética, <http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/interior/queeslabioetica.html> Consultada el 15 de marzo de 2020.

<sup>71</sup> Sustituida desde diciembre de 2018 por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

<sup>72</sup> Si bien la decisión de la SAGARPA fue producto de la presión que dentro del país ejercieron miembros de la comunidad científica, organizaciones sociales y no gubernamentales, toda vez que se identificó la presencia de granos transgénicos en ciertas áreas geográficas donde, en principio, no estaba autorizada la liberación al medio ambiente de los mismos ante los riesgos que implicaban para la flora y fauna locales, las corporaciones internacionales involucradas en este suceso tales como Bayer, Syngenta Dupont y Pioneer, entre otras, entablaron una demanda en contra de la SAGARPA por la moratoria impuesta.

comunidades agrícolas pues, como resultado del derecho positivo, México está obligado a cumplir los acuerdos internacionales que ha firmado, particularmente el TLCAN. Empero, esto no impide que un gobierno pueda cambiar el tipo de relación que ha acordado con sus contrapartes en éste u otros tratados; sin embargo, en el caso de México es difícil pensar que pueda lograrse dada la disparidad de fuerzas entre la Unión Americana y nuestro país, así como por la falta de un oficio político entre las elites gobernantes y los grupos parlamentarios en México.

En los párrafos anteriores hemos hecho algunas referencias a la bioética, por lo que conviene ahora acercarnos un poco a ella en relación con la Bt. Debemos hacer notar que las discusiones generadas en la esfera de la primera demuestran, una vez más, que la complejidad de la segunda vuelve perentorio responder a la interrogante de si debemos o no responsabilizarnos por la humanidad presente y futura, lo cual es una de las inquietudes propias de la Historia de la ciencia contemporánea. Si bien la pregunta es trascendental por las distintas soluciones que a ella puedan darse, lo más importante está en que la permanencia de la humanidad depende de la viabilidad de la propia naturaleza, lo que involucra necesariamente a la bioética<sup>73</sup>.

Las afectaciones que infligimos al medio ambiente son de grados diversos y la responsabilidad se divide entre múltiples actores; sin embargo, en todos nosotros prima una responsabilidad común basada en dos elementos: el primero es de carácter ontológico, es decir, la ineludible obligación de considerar y repensar de manera continua la condición y significado de la existencia misma de nuestra especie; esto último se basa en la pluralidad de valores que pueden llevarnos a considerar el bienestar del ser humano a partir de la sustentabilidad del medio ambiente a nivel global<sup>74</sup>. El segundo elemento está en nuestros lazos con el vasto tejido social que formamos todos.

---

<sup>73</sup> Por supuesto, la bioética puede tener muchos enfoques. En este caso está dirigida no sólo a los problemas humanos sino, de igual manera, al respeto que debemos a las demás formas de vida y al medio ambiente. Vid., Programa Universitario de Bioética de la UNAM, <https://www.bioetica.unam.mx/nosotros#valores> Consultada el 16 de mayo de 2019.

<sup>74</sup> Vid., “Capítulo cuarto. Las nuevas dimensiones de la ética demandan nuevos principios” y “Capítulo sexto. Jonas: acuerdos y desacuerdos”, en Díaz Romero, Juan, *La ética de mañana empieza hoy. La propuesta jonasiana de la responsabilidad*, México, Suprema Corte de justicia de la Nación, 2013: pp. 61-92, 135-158.

Para aclarar esto último debemos responder cómo es que vinculamos estas consideraciones con lo que concierne a la sociedad. Iniciemos por parafrasear a Ruy Pérez Tamayo, quien se pregunta si acaso la ciencia es responsable de los males que nos aquejan. Tratando de resolver esa interrogante, Pérez Tamayo señala que el conocimiento científico ciertamente posee un poder formidable pero responde por completo, y de manera sumisa e incondicional, a nuestras órdenes por lo que la ciencia considerada como una entidad carece de toda iniciativa. Apunta, además, que la ética del científico no difiere de la del político ni la del periodista o de la de cualquier individuo. El hombre de ciencia ni es más culpable ni más inocente que cualquier otro, ¿Por qué? Simple, porque sus actividades y decisiones no dependen en última instancia de su actividad profesional y sí, en cambio, de su participación en el tejido social al cual pertenece<sup>75</sup>.

Considerando lo expuesto hasta ahora, es pertinente añadir algunos de los lineamientos que nos ofrece un autor como lo es Marcos Roitman, para quien debemos tener presente dos componentes fundamentales si queremos entender mejor la relación entre el científico, sus actos y las repercusiones de los mismos. El primero está en ser conscientes de que las discusiones sobre la ética y responsabilidad del científico no son algo nuevo; por el contrario, su aliento ha sido largo. El segundo es que las inquietudes generadas por estas problemáticas sólo pueden ser resueltas con base en la conjunción de diferentes saberes lo cual, añadimos, le otorga a la disciplina histórica una ventaja notable sobre otros conocimientos afines o distantes. Ello porque la naturaleza de las dudas planteadas por la Historia, con base en su vinculación con el pensamiento filosófico, siempre nos conduce a plantear nuevas preguntas y diversas estrategias para responderlas. Una de ellas reside en fomentar un diálogo transdisciplinario en el que participen la Historia lo mismo que la sociología, la estadística, la biología, la química, la política, la antropología, etc.<sup>76</sup>.

---

<sup>75</sup> Pérez Tamayo, Ruy, *Ciencia, ética y sociedad*, México, El Colegio Nacional, 1991, 143 p.

<sup>76</sup> Vid., Roitman Rosenmann, Marcos, *La sociología: del estudio de la realidad social al análisis de sistemas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Centro de Investigaciones interdisciplinarias en ciencias y Humanidades, 1998: pp. 11. Versión electrónica en [http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/La\\_sociologia\\_del\\_estudio\\_de\\_la\\_realidad\\_social\\_al\\_analisis.pdf](http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/La_sociologia_del_estudio_de_la_realidad_social_al_analisis.pdf) Consultada el 10 de febrero de 2019.



Aunque no puede negarse el acierto de las afirmaciones de Roitman, tampoco debe serlo que dicho autor únicamente nos ofrece un panorama de lo que en realidad debe ser resuelto con base en estudios mucho más robustos. A ese respecto, quizá uno de los mejores análisis con los que contamos para ayudarnos a solucionar esta problemática sea el de Michelle Chauvet<sup>77</sup>, quien se enfoca en los impactos sociales de la biotecnología entre 1990 y 2015. Aunque la autora dirige su mayor atención a la agrobiotecnología en México, ello no evita que nos ofrezca lo mismo datos históricos y antecedentes sobre el desarrollo de la Bt en general, que información sobre los últimos debates y soluciones jurídicas que han tenido lugar en nuestro país sobre dicho tema. Como todo lo que tiene que ver con el quehacer científico Chauvet señala que, a pesar de los actores y factores que pueden llegar a viciar los análisis de riesgo relacionados con todos los OTG, es un hecho que si las consideraciones socioeconómicas que priman en México son pospuestas, las posibilidades de redirigir la tecnología hacia un beneficio social lo más amplio posible se verán limitadas.

Así entonces, se requiere de un nuevo enfoque al que algunos autores han denominado como neoestructural<sup>78</sup>. Éste involucra una intervención del Gobierno, renovada y con varias características: a) es trilateral, por el involucramiento de tres actores clave en el desarrollo tecnocientífico: el Gobierno, el sector privado y las instituciones de educación superior así como centros de investigación; b) es organizacional o neocorporativa, dado el papel central que juegan los actores organizados o colectivos como pueden serlo las asociaciones empresariales, las de académicos y profesionistas lo mismo que las de instituciones de educación superior; c) es reticular, toda vez que implica la generación de redes en las que interactúan los actores e instituciones antes mencionadas<sup>79</sup>.

Para dar término a las discusiones presentadas en este estado de la cuestión ofrecemos, ya como corolario, un apunte formulado por Philip Kitchner quien señala que cuando se busca catalogar a las características generales de la vida como epistémicamente buenas o como epistémicamente malas, se cae a todas luces en un error que obedece a una visión muy reduccionista sobre la manera en que se desarrolla la actividad científica, así

---

<sup>77</sup> Chauvet, Michelle, *Biotecnología y sociedad*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 2015, 260 p.

<sup>78</sup> Vid., Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de Humanidades, *La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, México, Miguel Ángel Porrúa, 2001, Vol. 2, 570 p.

<sup>79</sup> Ibid., pp. 332-333.

como la forma en que interactúan quienes intervienen en ella desde ámbitos diferentes. El establecer juicios de valor tan limitados como los que se advierten se debe a que, por norma general, no solemos poner la atención debida a las diversas presiones que se presentan en el desarrollo científico. Kitchner apunta que sólo a través de una vigilancia detallada de tales influencias, sabremos si los sistemas sociales pueden ser capaces o no de coordinar los esfuerzos de los individuos involucrados en todo el quehacer científico<sup>80</sup>.

Por supuesto, imaginar la existencia de condiciones prácticamente simétricas tanto entre los hombres de ciencia, así como entre estos y los grupos empresariales, es un pensamiento poco realista. De cualquier manera Kitchner señala que, para comprender la forma en que procede el quehacer científico, también debemos analizar el tipo de decisiones que deben tomarse y cuáles son las condiciones y reglas que las facilitan o dificultan. Si bien la posibilidad de una cooperación plena entre todos los individuos que de una u otra manera propician el avance de la Bt no es posible, sí lo es el que siempre se presentan grados de colaboración que generan dinámicas constructivas e innovadoras.

Concluimos señalando que no obstante que la realidad del quehacer científico se aleja mucho del “deber ser” esta condición, paradójicamente, es una de las bondades que marcan al quehacer humano, pues sin las diferencias y confrontaciones entre los individuos tampoco puede esperarse ningún tipo de evolución en el pensamiento ni en las prácticas producidas por la tecnociencia. A dónde habrá de llevarnos esto nunca estará del todo claro pero, sin lugar a dudas, la revisión histórica de estos procesos nos ayudará a vislumbrar puertos más prometedores en medio de la penumbra en la que por desgracia, hasta hoy, hemos decidido adentrarnos y que analizaremos en este trabajo.

---

<sup>80</sup> Kitchner, Philip, *El avance de la ciencia*, Trad. Héctor Islas y Laura Manríquez, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2001, pp. 418-419.

## Capítulo 2

### **El inicio de la contemporaneidad en la Historia de la ciencia y su direccionamiento hacia la biotecnología. Particularidades en el caso de México**

“The future has taken the present,  
it is done.”<sup>81</sup>

#### **2.1- Comentarios preliminares sobre las pretensiones de la tecnociencia. Definiciones y límites**

Lo mismo que el fenómeno de la vida, el quehacer humano está sujeto a una evolución constante. Como producto de la cultura mediante la cual procuramos la satisfacción de nuestras necesidades materiales e inmateriales, las actividades humanas por más diversas y heterogéneas que puedan ser se encuentran marcadas por la intencionalidad de quienes las realizan, y por la proyección inherente a las mismas. En el devenir de la actividad científica, la Historia de la ciencia nos muestra que los caminos y resultados obtenidos poco o nada tienen de fortuito<sup>82</sup> y que toda ubicación en ella sólo es temporal. De igual forma, nos señalan que ni la intencionalidad ni el presente pueden ser aprehendidos por entero; por ello es que las huellas que dejan nuestras acciones deben ser rescatadas y valoradas antes de que, en nuestra sempiterna búsqueda por alcanzar al horizonte, éstas se pierdan lo suficiente como para que sólo puedan ser rescatadas no sin vida, pero sí ajenas y extrañas a la conciencia del ser que nos ubica en un aquí y ahora, avizorando en el futuro mediato la conjura plena de los problemas que acompañan a la sociedad actual.

De la misma forma en que durante algunas décadas del siglo XX la química y la física fueron las disciplinas que gobernaron en buena medida el quehacer científico, y la institucionalización del mismo, desde los años 70 la biología ha tenido en una de sus ramas,

---

<sup>81</sup> Línea del personaje Merlín, interpretado por Nicol Williamson en el filme EXCALIBUR, Dir. John Boorman, Estados Unidos/Gran Bretaña, Orion Pictures, 1981.

<sup>82</sup> Tal y como fue explicado en el Capítulo 1 al hablar sobre la serendipia y la autoría de Katalin Kariko en el desarrollo de las vacunas basadas en el empleo de ARN.

la biotecnología, al área del conocimiento que ha venido cobrando una importancia cada vez mayor y que ahora la coloca en la cúspide de los intereses científicos.

A lo largo de su relación con el medio ambiente, el *homo sapiens* ha tenido la intención y la capacidad de domesticar algunas especies animales y vegetales. Esto se ha dado a través de la selección artificial de algunos seres vivos y ciertas técnicas de hibridación, todo en un desarrollo que dio origen a la Revolución neolítica y que desde entonces se ha mantenido vigente. Ahora, es necesario aclarar que es un error decir que la Bt es tan vieja como la Revolución neolítica o la humanidad misma, pues no fue sino hasta el desarrollo de las técnicas de ADNr que pudo hablarse propiamente de la existencia de la Bt como un producto de la ciencia contemporánea.

Teniendo en cuenta que anteriormente establecimos los presupuestos teóricos y metodológicos en los cuales se basa esta investigación, ahora relacionaremos ciertos aspectos del desarrollo tecnocientífico con algunos de índole social y política. Todos ellos, a pesar de no ser el eje central de nuestras discusiones, deben ser considerados a fin de lograr una comprensión y explicación de la Bt lo más amplia y mejor articulada posible.

Como parte de la explicación del desarrollo tecnocientífico que nos ocupa, están las pretensiones por parte de los hombres de ciencia por resolver una serie de problemas que se enfrentan en el momento actual. No es gratuito entonces el ánimo “presentista” que impulsa a la ciencia, ya sea en los países centrales o en los periféricos, y que busca el rompimiento con lo establecido<sup>83</sup>. En este proceso los límites que enfrentan el avance y la penetración de la tecnociencia no residen sólo en esta última sino, también, en los actores sociales mismos que se involucran con ella directa o indirectamente<sup>84</sup>. Es así que los deseos más elevados del desarrollo científico y tecnológico no sólo se enfrentan a la deshumanización de la

---

<sup>83</sup> Sobre las teorías que explican la difusión de la tecnología y la dependencia que esto genera en los países “periféricos” hacia los países “centrales”, *Vid.*, Pursell Carroll, “Appropriate Technology, Modernity and U.S. Foreign Aid”, en Saldaña, Juan José (editor), *Science and cultural diversity: proceedings of the XXIst International Congress of History of Science*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de la Investigación Científica, Sociedad Mexicana de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2003: Vol. 1.

<sup>84</sup> Esta idea proviene de señalamientos realizados por Rafael Guevara Fefer en diversos foros de discusión.

propia actividad científica<sup>85</sup>, también lo hacen con una serie de condiciones que le han impedido solucionar por completo, y de manera inocua, los problemas que ha pretendido resolver<sup>86</sup>. En los siguientes párrafos discutiremos cuál ha sido la historia de las transformaciones de las actividades tecnocientíficas en las que nos enfocaremos.

## 2.2- El camino hacia las grandes transformaciones

Para hablar sobre el inicio de la contemporaneidad en la ciencia debemos recordar que, en 1948, Herbert Butterfield mostró que lo que comúnmente denominamos como la “Revolución científica”, ubicada en los siglos XVI y XVII, hunde sus raíces en procesos mucho más antiguos que incluso pueden alcanzar al pensamiento helénico<sup>87</sup>. Ahora, no obstante la antigüedad de este proceso, Butterfield establece que lo que caracterizó al advenimiento de la ciencia moderna en la primera mitad del siglo XVII, fue la capacidad que tuvieron las mentes más flexibles de la época para manejar un conjunto determinado de datos ya conocidos, pero situándolos, esta vez, en un nuevo sistema de relaciones con una estructura novedosa que derivó en líneas de pensamiento marcadas por un nuevo *ímpetus*, y con las cuales se buscó entender tanto al cosmos como a la naturaleza.

Así entonces, aunque la ciencia contemporánea deviene de la “Revolución científica”, las diferencias entre una y otra son abismales. Esta afirmación no pretende, ni de lejos, restar valía a todos los modelos previos mediante los cuales se buscó entender y explicar la realidad de la naturaleza, sino destacar que el mayor vínculo entre la ciencia

---

<sup>85</sup> Dubos, René, *Los sueños de la razón*, 3 ed., Trad. Juan Almela, México, Fondo de Cultura Económica, 1996, 159 p.

<sup>86</sup> Entre los casos más representativos de esta problemática podemos citar la producción de alimentos en diferentes latitudes. Por ejemplo, durante buena parte del siglo XIX y comienzos del XX el Continente europeo vio en los yacimientos de guano y de salitre ubicados en el Pacífico sudamericano, un recurso con el cual podrían resolver los problemas generados por las bajas cosechas resultantes del empobrecimiento de los suelos de cultivo. Eventualmente el guano fue reemplazado por los abonos nitrogenados elaborados de manera sintética, mismos que comenzaron a afectar negativamente la calidad de los suelos en donde estos eran aplicados. Más adelante, en los años 60 y 70, la Revolución verde encabezada por Norman Borlaug también persiguió la meta de acabar con el hambre. Empero, a pesar de los avances espectaculares que experimentó la producción agrícola, ésta nunca alcanzó a satisfacer completamente las necesidades humanas ni mucho menos a proceder sin afectar negativamente al medio ambiente. En lo que se refiere al caso de México específicamente, Edmundo Flores ofrece una explicación sobre las promesas incumplidas de la ciencia en su obra *Vieja revolución nuevos problemas*, México, Joaquín Mortis, 1970, 125 p.

<sup>87</sup> Butterfield, H., *Los orígenes de la ciencia moderna*, 2 ed. Trad. L. Castro, España, Taurus, 1971: pp. 13-25.

moderna y la contemporánea está en la permanencia de ese *ímpetus*, sin el cual el conocimiento no puede ser generado ni aplicado. A pesar de que la periodización de este trabajo corre a partir de 1973, debemos aclarar que la ciencia contemporánea surge propiamente en el contexto de la Segunda Guerra Mundial (SGM) y, de manera específica, en Estados Unidos con el Proyecto Manhattan (1939-1946). A reserva de que analizaremos de manera más extensa este programa conviene señalar que, a partir de entonces, el Estado y los capitales privados entablarían una relación en la que cada uno iría tomando el papel más relevante. Terminado el conflicto bélico estas relaciones estarían marcadas muchas veces por la competencia, y no necesariamente por la colaboración, ya fuera al interior de un solo país o entre un grupo de ellos.

En el ámbito internacional lo anterior se presentó tras el triunfo de los aliados, cuando la otrora Unión Soviética emuló el esfuerzo estadounidense, lo que también fue repetido por algunas de las naciones europeas y de manera más tardía -con características y fines notablemente diferentes-, por los países en desarrollo, incluido el nuestro. Conviene aclarar que la diferencia fundamental entre los proyectos de desarrollo instrumentados por los distintos Estados residió principalmente en que mientras las naciones más avanzadas apoyaron de manera robusta a la ciencia básica para, eventualmente, obtener ventajas de ello, en las naciones periféricas los impulsos fueron dirigidos mayoritariamente a la resolución de problemas ya existentes.

Sobre lo anterior las investigaciones desarrolladas por historiadores como Eli de Gortari, Juan José Saldaña, Luz Fernanda Azuela y Rafael Guevara, entre otros, muestran cómo el desarrollo de la ciencia y la tecnología no ha sido algo ajeno a nuestro país y que, en ese sentido, los esfuerzos incluso son previos al inicio de la vida independiente. Sin embargo en la bibliografía que han generado dichos autores, con excepción de uno de ellos, no se suele incluir elementos que incluyan a lo contemporáneo y por ello es frecuente que se tenga que recurrir a estudios como los que ha realizado Ruy Pérez Tamayo, quien nos ofrece una versión por demás sintética pero bien lograda que complementa la bibliografía producida por nuestros más insignes historiadores<sup>88</sup>.

---

<sup>88</sup> Al respecto se sugiere la revisión de “El Estado y la Ciencia en México: pasado, presente y futuro”, y “La Ciencia en México 1978-1998”, ambos de la autoría de Pérez Tamayo.

Antes de ampliar nuestro análisis sobre el arribo y desarrollo de la ciencia propiamente contemporánea, es conveniente aludir a Jaime Fisher quien establece que las condiciones que rodean al ser humano son resultado de una serie de prácticas que tienen que ser evaluadas constantemente. La alternativa más depurada para este autor a fin de llevar a cabo dicho propósito está en considerar a la *eficiencia sistémica*. A diferencia de la *eficiencia instrumental* -que se encarga únicamente de establecer la relación que hay entre los fines que se persiguen y los medios que para ello son seleccionados-, la *eficiencia sistémica* alude al conjunto de decisiones contextualizadas en las que la técnica involucra no sólo la elección de los medios y fines que se persiguen sino, de igual forma, los valores, creencias e instrumentos que, en conjunto, ponderan el alcance de sus resultados sobre un ambiente físico y simbólico que sea de nuestro interés.

Toda vez que la *eficiencia sistémica* se basa en una razón natural cuyo desarrollo y ejercicio son públicos, ésta otorga la posibilidad de un pronunciamiento racional sobre la *legitimidad* de toda aplicación técnica, particularmente en cuanto a la *legitimidad* del *Estado*<sup>89</sup>, lo que en conjunto facilitará nuestra comprensión sobre cómo y por qué surgieron primero la “Macrociencia”, y después la “Big Science”<sup>90</sup>, así como la forma en que han repercutido en la tecnociencia.

Inicialmente en los países más avanzados los gobiernos, científicos e ingenieros se las arreglaron para establecer de manera conjunta proyectos por demás ambiciosos, pero que tenían una característica común y no favorable: el relativo aislamiento al que estaban sujetos los grandes laboratorios de la época, no obstante el apoyo que recibían del Estado como el principal garante en la entrega de recursos con los cuales financiar las investigaciones en turno. En referencia al avance del conocimiento científico y técnico, una discusión habitual es el papel que han jugado los conflictos bélicos. Sobre ello el punto de vista que aquí prevalece es que no hay duda de que lo que sucede en estas coyunturas han sido un factor relevante para el desarrollo de la tecnociencia, sobre la que hablaremos más

---

<sup>89</sup> *Vid.*, “Introducción”, en Fisher, Jaime, *El hombre y la técnica. Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010, pp. 21-37.

<sup>90</sup> A reserva de adelantarnos un poco en nuestras discusiones, estos términos se refieren al conjunto de investigaciones de gran envergadura en ciencia y tecnología que no sólo han sido auspiciadas por el Estado sino, también, por la iniciativa privada a través de canales diversos.

adelante. Sin embargo, la evolución de estas actividades no responde únicamente a las circunstancias y fines perseguidos durante las conflagraciones.

Antes del comienzo de la Gran Guerra, las que serían las potencias beligerantes se encontraban en una carrera en la que la ciencia, la tecnología y la ingeniería eran fundamentales. Por supuesto, en el Viejo Mundo los tres actores principales en ese sentido eran el Reino Unido, Alemania y Francia. ¿Qué pasaba con Estados Unidos? Es de llamar la atención que si bien éste había experimentado un desarrollo notable en las mismas áreas, en tiempos previos a la Primera Guerra Mundial la Unión Americana aún importaba del Continente europeo buena parte de la tecnología que empleaba. Pero esta situación cambiaría radicalmente al término de la guerra ante la devastación que sufrió Europa, y que derivó en que Estados Unidos dejara de ser un importador de algunos rubros tecnológicos para convertirse en un exportador de los mismos<sup>91</sup>.

Al concluir la Gran Guerra, pasando por los “fabulosos 20s” y la Gran depresión de 1929 y sus efectos, en el plano internacional la Unión Americana regresó a su aislacionismo político. En Europa, en cambio, habían tenido lugar eventos tan relevantes como la Revolución de Octubre; el que los países derrotados volvían a parecer invencibles, y que quienes antes fueron enemigos ahora eran aliados. Lo que no cambiaba era que el Viejo Mundo continuaba siendo una caldera hirviente que no tardó en detonar una nueva conflagración bélica, aún más sangrienta que la anterior, y en la que, una vez más, la ciencia y la tecnología tendrían un papel protagónico en lo que sería una nueva etapa de desarrollo.

### **2.3- La unión de la ciencia y la tecnología: la tecnociencia**

En *Ciencia en acción, cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Bruno Latour ofrece una plataforma para dotar de coherencia intelectual al campo de la ciencia y de la ingeniería. En dicha obra se afirma que nuestra entrada en la ciencia y la tecnología ha de ser por el lado de la ciencia en elaboración, y no por el lado de la ciencia

---

<sup>91</sup> Vid., Pursell, Carroll, (Editor), *Technology in America. A History of Individuals and Ideas*, 2 ed., United States, The Massachusetts Institute of Technology, 1990, 319 p.



ya elaborada. A partir de una serie de principios se señala que la ciencia y la tecnología no pueden ser concebidas como entidades separadas, por lo que debemos hablar de tecnociencia<sup>92</sup>. Desde ahora señalamos que ésta es la concepción que tomaremos como base para las discusiones que presentaremos aquí.

Si bien el término de tecnociencia es el que primará a lo largo de todo este análisis conviene mencionar las diferencias que existen entre la técnica y la tecnología. La primera de ellas, básicamente, se refiere a un método, a una manera de proceder con la que se logra un fin previamente establecido y en el que la ciencia no es empleada. En cambio, cuando esta última se aplica como parte de un proceder hablamos de tecnología. En ésta se reconocen los mecanismos causales identificados por el conocimiento científico con los cuales analizamos y/o transformamos un objeto determinado. Todo esto nos lleva a señalar que si bien no todo proceso ejecutado en el conocer humano es tecnocientífico, la Bt *per se* paradigmáticamente sí lo es.

Otro autor que desde nuestro punto de vista puede enriquecer el concepto de la tecnociencia es Dominique Pestre, quien establece que durante el siglo XX el mundo de la producción experimentó diversas renovaciones, tanto en sus prácticas y estructuras como en el objetivo que se perseguía: que la producción masiva se volviese una norma junto con la estandarización de los productos y modos de trabajo. A esto añade que la centuria pasada dio lugar al surgimiento de megaorganizaciones, refiriéndose con ello a las grandes estructuras industriales que basan su poder en la tecnociencia. Esta última forma parte de una amalgama junto con la política de propiedad intelectual, los dispositivos y la filosofía de la normalización, así como con la disponibilidad de capitales y la existencia de un control económico que, en conjunto, definen al régimen de existencia efectiva de las diferentes sociedades del conocimiento que se apoyan en disposiciones económicas y jurídica variadas, así como en otras de carácter técnico y político.<sup>93</sup>

En cuanto a los saberes propiamente dichos Pestre señala que después del término de la SGM se estableció una tendencia, cada vez más pragmática, que hizo de la

---

<sup>92</sup> Latour, Bruno, *Ciencia en acción, cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Trad. Roberto Méndez, et. al., España, Labor, 1992, 278 p.

<sup>93</sup> Pestre, Dominique, *Ciencia, dinero y política*, Trad. De Ricardo Figueroa, Argentina, Ediciones Nueva Visión, 2003, 113 p.

tecnociencia un mundo donde lo que primara fuera el “*everything goes*”, en términos de método, lo que a su vez condujo a una redefinición de los actos que legitimaban a la ciencia “pura”<sup>94</sup>.

Ahora, para los fines que persigue esta investigación si bien emplearemos el término tecnociencia con base en el criterio para ello tiene Bruno Latour, también debemos considerar que su propuesta no está carente de objeciones, como las que al respecto ofrece Javier Echeverría en *La revolución tecnocientífica*<sup>95</sup>. En esta obra, si bien se reconoce el acierto de Latour en criticar al modelo que establece diferencias y distancia entre lo interior y lo exterior que se presenta en la actividad tecnocientífica, Echeverría no duda en señalar que el error del primero está en equiparar a la ciencia, la tecnología y la tecnociencia, ya que cada una de ellas tiene ámbitos de acción definidos y diferentes. De igual forma critica la concepción tan ambigua que Latour tiene sobre la “sociedad” y que finalmente llevan a Echeverría a establecer que no hay, como sí lo afirma Bruno Latour, una “esencia” de la Tecnociencia.

## **2.4- La primera etapa de la “Big Science”: la “Macrociencia”**

Si bien el avance de la tecnociencia no obedece únicamente a las necesidades que imponen las conflagraciones bélicas, no hay duda de que a partir de la Gran Guerra todo conflicto armado vería en la ciencia y la tecnología una de sus principales herramientas para lograr la victoria. A partir de la Segunda Guerra Mundial (SGM) el desarrollo de la tecnociencia sería la clave tanto para la victoria militar, como para establecer un equilibrio de fuerzas entre los países victoriosos cuya magnitud fuera tal que el enfrentamiento se diera en otros términos, o al menos esto es lo que sucedió entre Estados Unidos y la Unión Soviética, quienes se enfrentaron en la dinámica que marcó a la Guerra Fría<sup>96</sup>.

La Macrociencia, primera etapa de la “Big Science”, se caracterizó por una serie de elementos tecnocientíficos, económicos e incluso ideológicos. En palabras de Javier

---

<sup>94</sup> Vid., “Capítulo 2. Los años 1870-1970 en perspectiva. Entre tecnociencia, industria y Estado-nación”, en Pestre Dóminic, *Op. cit.*, pp. 43-75.

<sup>95</sup> Echeverría, Javier. *Op. cit.*

<sup>96</sup> Nye, Joseph S., *Understanding International Conflicts. An Introduction to Theory and History*, 3 ed., United States, Longman, 2000, 244 p.

Echeverría, la macrociencia dependía para su desarrollo del financiamiento proveniente del Estado<sup>97</sup>; ésta no tendría mejor escenario para su aparición que el conflicto bélico de 1939-1945 y a Estados Unidos como el país en donde se desarrolló inicialmente, toda vez que en el contexto de la SGM aquél desplegó por vez primera en la historia humana un programa sumamente complejo y por demás ambicioso: el Proyecto Manhattan.

Entre los rasgos más notables de ese programa estuvo el que fue el propio Gobierno norteamericano quien se encargó no sólo del financiamiento de las investigaciones sino, también, de coordinar actores múltiples que incluían laboratorios y universidades así como a técnicos y científicos que, tan sólo en recursos humanos, sumaban más de 125 mil individuos. El objetivo, también perseguido por los países del Eje, era la construcción de un arma basada en fisión del átomo que proporcionara una capacidad de destrucción no alcanzada, hasta ese momento, por ninguna de las armas convencionales. Como sabemos, a diferencia del resto de los contendientes, la Unión Americana alcanzó la fabricación de la bomba atómica cuya primera detonación tuvo lugar en Nuevo México, en julio de 1945. Tras el éxito de este ensayo las fuerzas estadounidenses detonarían dos bombas más sobre las ciudades niponas de Hiroshima y Nagasaki, el 6 y el 9 de agosto de ese mismo año, lo que daría pie a la rendición de Japón y al término de la SGM<sup>98</sup>.

Con el Continente Europeo nuevamente devastado y el surgimiento de la Unión Soviética como la segunda potencia hegemónica, Estados Unidos vio en los resultados arrojados por el Proyecto Manhattan que las investigaciones tecnocientíficas no podían ser ignoradas, si es que la Unión Americana quería mantener su estatus como la principal potencia económica y militar del orbe. En ese sentido, no podemos dejar de mencionar al informe que el científico estadounidense Vannevar Bush presentó a su gobierno poco antes del término de la guerra (“Science. The endless frontier”), y en el que señalaba que para preservar la paz y la hegemonía de Estados Unidos, éste debía fomentar el avance de la ciencia y sus aplicaciones.

---

<sup>97</sup> Echeverría, Javier. Op. cit.

<sup>98</sup> En cuanto a Alemania e Italia, la primera se había rendido incondicionalmente ante las tropas soviéticas firmándose el armisticio con los aliados el 8 de mayo; la segunda, por su parte, había capitulado desde septiembre de 1943.

Los resultados del Proyecto Manhattan y el informe de V. Bush afianzarían la Macrociencia, en la que el Estado fue el principal promotor del desarrollo tecnocientífico. Ahora, como todo suceso o proceso histórico aquella también experimentaría transformaciones que, eventualmente, significarían el retraimiento del Estado y la incorporación de capitales privados en las investigaciones tecnocientíficas, lo cual fue notorio a partir de la década de los 80.

Como parte del contexto en que se desarrolló la Macrociencia está el hecho de que el capitalismo inició, para sorpresa de todos, una era de oro sin precedentes y a la vez anómala entre 1947 y 1973.<sup>99</sup> Durante ese periodo tanto Estados Unidos como la Unión Soviética desarrollaron programas estatales, encaminados a lograr la supremacía militar y a afianzar su discurso ideológico. Sin embargo, a diferencia de lo que sucedió en el ámbito soviético, en el norteamericano se sumaron dos elementos a los que fueron derivados muchos de los resultados obtenidos por la investigación tecnocientífica: el mercado y el “estado del bienestar”. Este último se expresó a través de diferentes programas que apoyaron tanto a los aliados de Europa occidental como a muchos otros países, incluyendo los latinoamericanos, para que todos ellos no vieran en el comunismo soviético una alternativa atractiva que los alejara del ámbito de influencia estadounidense.

## **2.5- El arribo de la “Big Science”. Cambios económicos y políticos en el escenario mundial**

Posterior al auge del capitalismo (1947-1973), la confrontación entre las dos superpotencias terminó cuando el bloque soviético se disolvió entre 1989 y 1991. A partir de ese momento se acentuaron diversos cambios políticos y económicos que ya eran claramente identificables desde comienzos de los años 80 y que, con el fin de la Guerra Fría, reconfiguraron nuevamente los mapas europeo, asiático y africano, lo que ayudó a transformar los cánones mediante los que la “Macrociencia” se había desarrollado para dar paso a una nueva etapa del desarrollo tecnocientífico: la "Big Science".

---

<sup>99</sup> Hobsbawm, Eric, *Historia del siglo XX*, 4 ed. Trad. Juan Faci, *et. al.*, España, Crítica, 2003: pp. 18.

Durante el periodo que va de 1947 a 1991, amén de las confrontaciones militares que se presentaron en diferentes puntos del orbe, la humanidad también atestiguó y participó en una serie de cambio políticos, demográficos, sociales y culturales en diferentes puntos de la geografía planetaria, muchos de los cuales, por cierto, tuvieron que ver con el desarrollo de la tecnociencia y las diversas aplicaciones que ésta tuvo en ámbitos como el mercado, la salud reproductiva, las comunicaciones, etc. De manera particular en la esfera económica, en 1971, Estados Unidos abandonó el patrón oro en el que dicho metal era la referencia para el valor de las monedas, sustituyendo a éste por el dólar, lo que dio término a la estabilidad así como a la expansión comercial y financiera que había privado los últimos 20 años<sup>100</sup>. Esta situación ya había comenzado a vislumbrarse desde los años 50 y 60, cuando se hizo evidente que el sistema monetario y financiero establecido con base en los acuerdos de Bretton Woods no tardaría en llegar un punto de quiebre.

A partir de la década de los 70 la economía mundial experimentó diferentes crisis que tuvieron su punto de origen, tanto en países subdesarrollados como en los económicamente avanzados. En estos últimos, y de manera particular en Estados Unidos y Gran Bretaña, se estableció un modelo económico a partir de los gobiernos de Margaret Thatcher en el Reino Unido, y de Ronald Reagan en nuestro vecino del norte, al que actualmente conocemos como neoliberal. Entre las máximas prerrogativas que ha tenido dicho paradigma económico está el retraimiento del Estado de una serie de actividades antes reguladas y financiadas por él, como lo es la investigación tecnocientífica<sup>101</sup>.

Con el impulso que el neoliberalismo tuvo tras la caída del bloque soviético la "Big Science" terminó por afianzarse, lo que derivó en que los capitales privados fueran cobrando una importancia cada vez mayor, en detrimento de los fondos ofrecidos por el gobierno. Eventualmente aquéllos tomarían en sus manos las riendas para el desarrollo de la biotecnología. Ahora, se debe aclarar que si bien el Estado tuvo un retraimiento decisivo

---

<sup>100</sup> Vid., Guillén R., Arturo, *México hacia el siglo XXI: Crisis y modelo económico alternativo*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Plaza y Valdez, 2000, 319 p.

<sup>101</sup> Debe recordarse que, a pesar del retraimiento del Estado en estas actividades, la presencia e importancia del mismo no ha desaparecido. Además de la propia investigación científica, la presencia del estado sigue siendo fundamental y patente al revisar la legislación relacionada con las actividades científicas y tecnológicas. Vid., Mazzucato, María, Op. cit.

en el impulso de la tecnociencia en general, ello no quiere decir, en absoluto, que su participación en la misma ni en muchos de los aspectos relacionados con la regulación de las investigaciones terminara o se volviera inexistente, lo que se observa de manera franca al hablar sobre las leyes y reglamentos que cada país fija para el desarrollo, e instrumentación, de la actividad tecnocientífica.

Como ejemplo de lo anterior citaremos tan sólo dos casos que destacan, entre muchos otros, en la legislación estadounidense. El primero de ellos es la promulgación durante 1980 de “The Bayh-Dole Act”, la cual modificó el sistema de patentes en la Unión Americana. El resultado de dicha ley fue que si bien el número de licencias creció en forma por demás significativa ello dio origen a otros problemas a los que, por las mismas características de dicho sistema de patentamiento, muchos científicos e instituciones se han enfrentado desde entonces, es decir a serias limitantes para poder continuar con sus propias investigaciones. Esto es de particular importancia no sólo por los efectos que dicha legislación ha tenido al interior de Estados Unidos sino, de igual forma, por los efectos que ha generado en otros países que han decidido imitar esta normatividad en materia de registro de patentes, aun cuando incluso en Estados Unidos una parte de la comunidad científica se ha pronunciado en contra de dicha legislación<sup>102</sup>.

El segundo ejemplo está en la intervención que ese gobierno tuvo para evitar que sólo los capitales privados fueran los encargados de descifrar el genoma humano en 2000. Esto implicó que el Gobierno estadounidense fuera responsable de la mitad de la investigación, en tanto el resto lo fue de la compañía Celera Genomics. En conjunto, todo esto mostró la complejidad que pueden tener las investigaciones tecnocientíficas de gran envergadura, no sólo por la cantidad de recursos humanos y financieros involucrados sino, de igual forma, por los intereses de cada grupo de investigación en los distintos países que participaron en él<sup>103</sup>.

---

<sup>102</sup> “Bayh-Dole Act a Glance What It Means for Technology Commercialization”, en <https://www.innovation.pitt.edu/resource/bayh-dole-act-at-a-glance/> Consultada el 10 de octubre de 2018; Samuel Loewenberg, “The Bayh-Dole Act: A model for promoting research translation?”, en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574789108001555> Consultada el 10 de octubre de 2018.

<sup>103</sup> Wilphen Vázquez Ruiz, Op. cit.

## 2.6- La biología contemporánea y una de sus variantes: la biotecnología

A diferencia de otras ciencias con las que también guarda relación, incluyendo a la física y la química, la biología en tanto ciencia que estudia la vida {βιο (bio = vida) y λόγία (logía = ciencia)}, en la época actual no puede ser entendida plenamente si no es en conjugación con otras ramas del saber tecnocientífico. Toda ellas, en conjunto, se expresan en procesos relacionados con la producción de biofármacos, de alimentos de origen vegetal y animal, biocombustibles, procesos de bioremediación que incluyen suelos y aguas residuales e, incluso, terapias génicas encaminadas a la cura de padecimientos en donde los medicamentos “convencionales” son poco efectivos, todo esto entre muchas aplicaciones más. Todas ellas, hay que decirlo, tampoco pueden ser comprendidas plenamente sin la existencia de un mercado de consumo en el que las fronteras políticas tienden a volverse cada vez más porosas.

Si intentamos descifrar cuál es la base de la biotecnología actual quizá podamos decir que ella reside en la bioquímica y que ésta, a su vez, tuvo su mayor punto de quiebre en el siglo pasado cuando J. Watson y F. Crick descubrieron la estructura molecular del ADN en 1953<sup>104</sup>. Por supuesto, este hito de la ciencia involucró a otras disciplinas que trabajaban con la química orgánica deviniendo, todas ellas, en la biología molecular. Eventualmente a estas investigaciones se fue incorporando una mayor cantidad de disciplinas y conocimientos tecnocientíficos con un grado de especialización tal que, a comienzos de los años 70, fue posible intervenir en el genoma de otros seres vivos.

Amén de la bioquímica, entre las áreas del conocimiento que convergen en la Bt podemos mencionar a la fisiología, la biología celular, la genética, la microbiología y la ingeniería de sistemas, por sólo mencionar algunas. Lo que caracteriza y define la convergencia de estas disciplinas es la posibilidad de intervenir sobre el genoma de una especie por medio de técnicas de ADNr. De acuerdo con lo establecido en este trabajo, la modificación del ADN de un organismo por medio de las tecnologías del ADNr tuvo lugar

---

<sup>104</sup> Sobre esto último vale la pena mencionar que en las revisiones que se han hecho sobre la historia del descubrimiento de la estructura molecular del Ácido Desoxirribonucleico (ADN), Rosalind Franklin jugó un papel muy destacado el cual no ha terminado por ser plenamente reconocido. Vid., Wilphen Vázquez Ruiz, “¿Qué tan meritocrática es la ciencia?”, en <https://elpresentedelpasado.com/2013/08/03/que-tan-meritocraticas-son-las-comunidades-cientificas/> Consultada el 15 de octubre de 2018.

por vez primera en 1973<sup>105</sup>. A partir de entonces, los avances y descubrimientos que se han presentado en esta materia nos han llevado a buscar una definición más precisa, no sólo sobre la Bt como un objeto de estudio en la Historia de la ciencia contemporánea<sup>106</sup> sino, también, sobre el propio fenómeno de la vida.

Ante lo señalado cabe añadir que una de las características del ser humano en su quehacer tecnocientífico es la intención sempiterna de superar lo alcanzado, lo conocido. Frente al desarrollo impresionante que han experimentado las técnicas de ADNr no es de extrañar que no pueda ofrecerse una definición plenamente consensuada sobre la Bt, al igual que tampoco puede hacerse sobre una tesis que defina el fenómeno de la vida<sup>107</sup>. A decir de John Smith esta rama de la biología implica el uso de microorganismos, células vegetales o animales, enzimas y organismos del reino monera con los cuales se puede sintetizar, descomponer o transformar el genoma de diferentes especies<sup>108</sup>. Si a esto sumamos los aportes de disciplinas como la microbiología, la ingeniería y los sistemas de cómputo<sup>109</sup>, entenderemos la dificultad que representa tratar de ofrecer una definición de la Bt que pueda ser aceptada de manera homogénea.

---

<sup>105</sup> La mayoría de los investigadores reconocen a Herbert W. Boyer y a Stanley Cohen, como a los primeros en crear artificialmente un plásmido que contuviera parte del genoma de dos especies, incluso cuando no estuvieran emparentadas. La colaboración entre ambos permitió, en 1973, insertar un segmento del material genético proveniente de la bacteria *EcoRI* en el de otra, la *E. coli*. Estos trabajos se dirigieron a conocer y comprender las capacidades y mecanismos con los que contaban algunas bacterias para sobrevivir ante la exposición a ciertos antibióticos. Poco tiempo después ambos investigadores avanzaron y aumentaron el grado de complejidad de sus experimentos logrando insertar algunos genes pertenecientes al genoma de una rana sudafricana en el de la bacteria *E. coli*. Esto demostró la posibilidad de manipular exitosamente el genoma de algunas especies, abriendo una gama de posibilidades para continuar avanzando en esta materia.

<sup>106</sup> Si bien la aceptación de lo contemporáneo como materia de estudio por parte del historiador no logra aún generar un consenso pleno a su favor, el abordar a la biotecnología nos abre la puerta de un nuevo horizonte que nos sitúa en una posición de ruptura radical con la ciencia moderna, y en la que la disciplina histórica puede trabajar con base en un criterio transdisciplinario. Vid., Enrique Mendoza Cabrera, “Capítulo IX. Bioética-biopolítica y medicamentos biotecnológicos”, en Meixueiro Montes de Oca, Juan Raúl, *Medicamentos biotecnológicos y biocomparables (principios básicos para el médico)*, México, Laboratorios PISA, 2015: pp. 271-308.

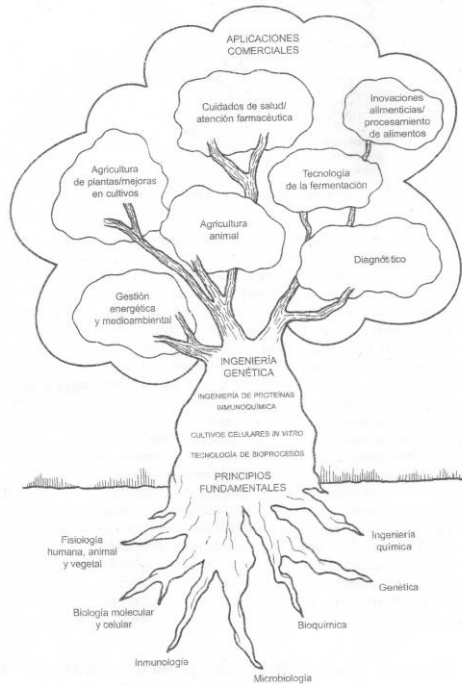
<sup>107</sup> Para una discusión más amplia al respecto, Vid., Bedau, Mark A. y Carole E. Cleland, Op. cit.

<sup>108</sup> Smith, John E., Op. cit.

<sup>109</sup> A finales de la década de los 90 Jeremy Rifkin hacía hincapié en la importancia que tenía para los científicos el trabajar en el nuevo campo de la “bioinformática”, mediante la cual era posible extraer la información genética de millones de años de evolución, con la que los investigadores serían capaces de “rehacer el mundo natural”. Vid., Rifkin, Jeremy, Op. cit., pp. 27.



## “El Árbol de la biotecnología”<sup>110</sup>



No obstante la falta una definición más homogénea sobre el término biotecnología, todas las acepciones coinciden en que ella implica de manera ineludible el empleo de las técnicas de ADNr. A partir de ese punto autores como Ana Cuevas Badillo retoman elementos propuestos por otros investigadores, pero destacando que la Bt podría ser definida como la “aplicación de organismos, componentes o sistemas biológicos para la obtención de bienes y servicios”<sup>111</sup>, los cuales, además, ahora pueden ser desarrollados con una rapidez nunca antes imaginada. En ese mismo tenor Enrique Mendoza Carrera señala que la Bt ha convertido los tiempos naturales (que por sí solos toman millones de años para la evolución de una especie, y cientos o miles para lograr una hibridación animal o vegetal explotable por el hombre), en tiempos humanos en los que en unos cuantos años puede

<sup>110</sup> "El Árbol de la biotecnología" es una representación que nos permite observar algunas de las áreas del conocimiento que convergen en el desarrollo de la Bt, así como algunas de las aplicaciones comerciales que se derivan de ella. La imagen está tomada de Smith, John E., *Op. cit.*, pp. 15.

<sup>111</sup> Ana Cuevas Badillo. “Los bioartefactos: viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional”, en *Argumentos de Razón Técnica*, núm. 11, 2008, pp. 71-96. Versión electrónica en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/21753> Consultada el 29 de agosto de 2018.

lograrse la obtención de organismos con funciones tan específicas, que estos no se encuentran por sí solos en la naturaleza<sup>112</sup>.

Otro elemento común a las definiciones ofrecidas para la Bt, y en la que coinciden científicos como Francisco Bolívar Zapata, Ruy Pérez Tamayo, Salvador Bergel, Alberto Díaz y Juan Raúl Mixueiro Montes de Oca, entre muchos otros, es que ésta es aplicable a una enorme cantidad de ámbitos como lo pueden ser la producción de alimentos y de biofármacos, la producción de energía, la recuperación de suelos, la descontaminación del aire y de aguas residuales, la reforestación o forestación, etc. De hecho, John Smith señala a la Bt moderna como la más diversificada de todas las ciencias y que, para inicios del siglo XXI, en el terreno económico afectaba cuando menos al 30% de los negocios globales.

Por su parte Miguel Kottow considera un error semántico dar el nombre de biotecnología a lo que en pleno rigor debe ser llamado biotécnica. Para él, mientras la primera se dirige a la transformación artificial e irreversible de los procesos vitales que caracterizan a los seres vivos, la segunda se refiere al pensamiento no instrumental que se encarga de revisar los supuestos valorativos de la actividad biotécnica<sup>113</sup>. Este argumento nos recuerda que la bioética no puede ni debe ser separada de la Bt, debido a las implicaciones que representa el intervenir sobre el genoma de diferentes especies. Con base en este último apunte, en el siguiente apartado explicaremos la diferencia entre los Organismos Genéticamente Modificados y los Organismos Transgénicos.

Para finalizar este apartado debemos reiterar, como lo hicimos antes, que la Bt resulta de la convergencia y yuxtaposición de diferentes ramas del conocimiento humano, lo cual no significa que éstas queden impedidas para seguir desarrollándose de manera independiente. Dicho proceso se observa claramente en las investigaciones que denominamos como “ciencia básica”, mismas que van nutriendo de conocimientos y nuevas tecnologías tanto a la Bt como a otros campos del conocimiento científico.

---

<sup>112</sup> Vid., Enrique Mendoza Cabrera, “Capítulo IX. Bioética-biopolítica y medicamentos biotecnológicos”, en Meixueiro Montes de Oca, Juan Raúl, Op. cit., pp. 271-308.

<sup>113</sup> Miguel Kottow, “Proposiciones bioéticas para sociedades en riesgos biotécnicos”, en Bergel, Salvador y Alberto Díaz, Op. cit.

## 2.7- Organismos Genéticamente Modificados y Organismos Transgénicos. Diferencias de forma y fondo

Debemos recordar que si bien desde tiempos ancestrales la humanidad ha manipulado a cierto número de vegetales, unas cuantas especies animales<sup>114</sup> e incluso a algunas microscópicas<sup>115</sup>, lo cierto es que esto ha producido Organismos Genéticamente Modificados (OGM) que, aunque emparentados, son diferentes a los Organismos Transgénicos (OTG). Así entonces tendremos a los OGM como aquellos que surgieron a partir de hibridaciones realizadas por el hombre entre organismos de la misma especie o, en algunos casos, de organismos cercanamente emparentados y en cuyas cruces no se han empleado técnicas de ADNr.

En lo que se refiere a los OTG, estos implican necesariamente la presencia dentro de su genoma de un fragmento o fragmentos del de una especie distinta, y con la cual no sería posible ningún tipo de hibridación en condiciones naturales. Hasta ahora los vectores principales que se han empleado para dichos fines son algunas cuantas bacterias y un número reducido de virus; sin embargo, el avance acelerado de las técnicas de laboratorio ha logrado incorporar como vectores a las levaduras y a ciertas células animales y vegetales. Los OTG, apuntan muchos autores, ofrecen expectativas asombrosas para diversas actividades humanas. Sin embargo, como se discutirá más adelante, el diseño y “producción” de OTG no está exento de riesgos.

Debemos señalar que, como resultado de la falta de una cultura científica, con frecuencia los OGM son tomados como equivalentes a los OTG y que, incluso, hay quienes hablan tan sólo de Organismos vivos modificados (OVM). Empero, las definiciones que

---

<sup>114</sup> No obstante la enorme variedad de especies vegetales y animales que aún existen, y a que las prácticas agropecuarias tienen una antigüedad que ronda los 10 mil años, la humanidad sólo ha logrado domesticar muy pocas. Las razones para que dicha domesticación sea posible o no, particularmente en el caso de los animales, no sólo tiene que ver con intereses comerciales sino también con el propio genoma de dichas especies que confiere a éstas un carácter no proclive a la domesticación. De hecho, puede citarse una referencia que Ana Cuevas B. hace al trabajo de Mignos-Grasteau, *et. al.*, en donde se afirma que: “In the case of livestock, among 148 non-carnivorous mammal species weighing more than 45 kg, only 14 have been domesticated (Dimond, 1999). Thirteen of these species come from Europe or Asia and only one from America (the llama). The proportion is even lower in birds, with 10 of around 10,000 species being domesticated. Finally, domestication of fish is beginning in a few species”. *Vid.*, Ana Cuevas Badillo, *Op. cit.*, pp. 84

<sup>115</sup> Esto ha sido notorio en la historia con la elaboración de productos lácteos, pan y diferentes licores, algunos de los cuales son tan viejos como las civilizaciones más antiguas.

aquí se presentan buscan mostrar la especificidad que distingue a los segundos y que estos sólo pueden ser producto de las técnicas de ADN<sub>r</sub> desarrolladas por la biotecnología.

Ahora, antes de seguir avanzando se debe precisar cuál es la postura que se guarda en este trabajo en torno a dichos organismos. En ese sentido debo señalar que, personalmente, pienso que los OTG deben ser considerados como uno de los logros más avanzados del conocimiento tecnocientífico. Por supuesto al igual que cualquier otro descubrimiento, estos pueden ser empleados de maneras equivocadas por no decir que perversas; sin embargo, sostengo que las posibilidades que nos otorgan para enfrentar el agotamiento y contaminación de los suelos, así como de los diferentes cuerpos de agua y la atmósfera, entre mucho otros problemas que encaramos actualmente, hace que la investigación en torno a ellos sea imperativa para la comunidad científica internacional.

En cuanto a si puede esperarse algo bueno o no de los organismos cuyo genoma ha sido modificado, no puede ignorarse la postura de autores como Rafael Guevara F. quienes expresan reservas hacia los OTG, en tanto que estos son producto de las prácticas tecnocientíficas más avanzadas dentro del sistema capitalista. Sin embargo, tomando distancia de dicha postura y buscando enriquecerla, lo que aquí se establece es que los OTG, lo mismo que cualquier otro producto humano, carecen de un valor intrínseco. Éste le será otorgado por dos actores: por un lado están quienes los diseñan y producen; por el otro, quienes los consumimos. Si en este proceso los resultados o la intencionalidad de los actores involucrados se considera como negativa o positiva, ello dependerá de un estudio particular en cada caso que tome como base los fundamentos de la bioética y la axiología<sup>116</sup>, y no al OTG *per se*.

Lo anterior, aclaro, no significa que no se deban ponderar y prevenir los riesgos y afectaciones que pueda representar la existencia de tales organismos, ya sea que queden confinados a ciertos espacios en un laboratorio o que sean liberados en el medio ambiente. Sobre esto último en el caso particular de nuestro país, se han presentado discusiones muy intensas entre miembros de la comunidad científica las cuales, por lo general, no suelen ser

---

<sup>116</sup> Vid., Frondizi, Riseri, Op. cit.

mediadoras lo que imposibilita lograr un consenso sobre el desarrollo y aplicaciones de los OTG<sup>117</sup>.

## **2.8- Pautas generales de la investigación científica en México a partir de la década de los 70**

El problema más urgente al que se enfrentan los países subdesarrollados es la necesidad de contar con una política nacional de desarrollo económico que conduzca a la formulación y ejecución de un plan económico por parte del Estado, lo que no excluye que el sector privado tenga un papel importante dentro de la formulación y ejecución del plan, en la medida en que se conserve el sistema económico de empresa privada.<sup>118</sup>

En 1976 Horacio Flores de la Peña nos ofrecía esta explicación, en un estudio que analizaba las transformaciones que la ciencia económica había venido experimentando en México desde la década de los años 60, y que habían llevado a nuestro país a la adopción de modelos que no respondían por completo a sus necesidades ni a su realidad. Si bien el trabajo aludido es sobre economía, muchas de sus tesis son relevantes por las situaciones que, desde los años 70, se han presentado en el país afectando el desarrollo de la tecnociencia, la cual ha dependido básicamente del financiamiento gubernamental<sup>119</sup>.

A la situación descrita por Flores de la Peña confrontamos el que en las últimas décadas, como resultado de las crisis económicas por las que hemos atravesado, los programas sociales así como los que buscan impulsar el desarrollo tecnocientífico han visto afectados, seriamente, los presupuestos que les son asignados cada año. Con base en lo

---

<sup>117</sup> A reserva de los comentarios que puedan presentarse más adelante, es importante mencionar que en el Gobierno y la administración federal que corre de 2018 a 2024, Elena Álvarez-Buylla ha sido nombrada como Directora del CONACYT. Sin duda habrá que dar seguimiento al trabajo de esta connotada investigadora al frente de la dependencia gubernamental más importante en cuanto al impulso y desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país. En lo que concierne a la Bt, y de manera más concreta a los OTG, Álvarez-Buylla ha expresado desde hace décadas su oposición al desarrollo y liberación de los OTG en México. No hay duda de que conforme el tiempo transcurre, se presentarán más discusiones entre quienes rechazan a los OTG y quienes los apoyan, como lo son Ruy Pérez Tamayo, Francisco Bolívar Zapata, Agustín López Munguía y Raúl Meixueiro, entre muchos otros, por las ventajas y beneficios inherentes y que ya han sido expuestos.

<sup>118</sup> Flores de la Peña, Horacio, *Teoría y práctica del desarrollo*, México, Fondo de Cultura Económica, 1976: pp. 23.

<sup>119</sup> En lo referente al ramo de la biotecnología debe apuntarse que, con base en las opiniones ofrecidas por algunos de los investigadores que fueron entrevistados, el financiamiento por parte del sector gubernamental ha sido en el mejor de los casos pobre, si no es que inexistente.

anterior mostraremos un panorama, muy sucinto, de las condiciones que han prevalecido - incluyendo la falta de una cultura científica que incluya e involucre a todos los sectores sociales<sup>120</sup>-, y que han sido un factor fundamental para que nuestro propio avance no haya alcanzado, nunca, los parámetros bajo los cuales la “Macrociencia” y la “Big Science” han evolucionado en otras latitudes.

A partir de los años 70 las crisis económicas en México llegaron a ser tan recurrentes y de tal magnitud, que pronto afectaron seriamente a la comunidad científica lo mismo que al gran conglomerado social. De hecho Ruy Pérez Tamayo menciona que los problemas económicos de ese decenio, generados por la estatización excesiva de la economía durante las décadas anteriores y particularmente la de los años 60<sup>121</sup>, generaron una coyuntura que a partir de los años 80 adquirió los rasgos de una situación permanente. Ante un panorama tan adverso, Pérez Tamayo considera que, en su momento, la comunidad científica de nuestro país enfrentó condiciones que apuntaban a su desaparición<sup>122</sup>. Sobre esto último las declaraciones del autor me parecen exageradas, lo cual no significa que desconozcamos en absoluto los problemas que, desde siempre, ha enfrentado la institucionalización de la ciencia en México.

Ahora bien, si tratáramos de definir en una palabra cuál ha sido la pauta que ha marcado el desarrollo de la tecnociencia en México, me atrevería a decir que ha sido la “insuficiencia”. Desde comienzos del siglo XX el país intentó acelerar los procesos de industrialización, tecnificación, desarrollo científico y tecnológico, así como los avances en materia de salud pública<sup>123</sup>. Entre las instituciones que así lo demuestran están el Instituto Médico Nacional, el Museo de Historia Natural y la Comisión de Exploración Biológica,

---

<sup>120</sup> A este respecto, algunos de los investigadores que fueron entrevistados para este trabajo señalaron que si bien no se adolece por completo de un ejercicio de divulgación de la ciencia, cuyos alcances sean vastos, lo cierto es que aún falta mucho camino por recorrer para lograr que la ciencia y la tecnología no sean temas ajenos para la sociedad en general.

<sup>121</sup> Vid., Flores de la Peña, Horacio, Op. cit., Guillén R., Arturo, Op. cit.

<sup>122</sup> Ruy Pérez Tamayo, “La Ciencia en México 1978-1998”, en <https://www.nexos.com.mx/?p=87232> Consultada el 25 de septiembre de 2018.

<sup>123</sup> Como se ha mencionado antes, incluso antes de la consumación de la independencia estas acciones no han sido ajenas a nuestra historia. Durante el siglo XIX y comienzos del XX tanto los gobiernos liberales como los conservadores trataron de impulsar proyectos encaminados al desarrollo científico y tecnológico. Más adelante los regímenes revolucionarios y pos revolucionarios buscaron los mismos fines, teniendo un éxito por demás notable en algunos casos mas no en lograr que la ciencia y la tecnología en general adquirieran un impulso intenso y de largo aliento.

fusionados más tarde en la Dirección de Estudios Biológicos (1915); la Secretaría de Agricultura y Fomento (1921); la nueva Escuela Nacional de Agricultura (1924); el Instituto de Biología (1929); el Observatorio Astronómico, el Instituto Geológico y el Servicio Sismológico Nacional (1934); el Instituto Politécnico Nacional (1936), el IMSS (1943), el ISSSTE (1959); el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (1961); los institutos nacionales de Investigaciones Pecuarias, el de Investigaciones Forestales y el de Investigaciones Nucleares así como el Mexicano del Petróleo (1965), por sólo mencionar algunos de los más destacados. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos para mediados de la década de los 80 México tan sólo contaba con 187 instituciones de educación superior, 48 institutos tecnológicos y 25 centros de investigación<sup>124</sup>.

De ahí en adelante si bien se han creado otros espacios para la investigación, destacando algunos dependientes del Instituto Politécnico Nacional (IPN), y las Universidades Autónoma Metropolitana (UAM) y Nacional Autónoma de México (UNAM), lo cierto es que seguimos adoleciendo de la cantidad suficiente de ellos requerida por el país. Contar con dicha infraestructura va más allá de la sola absorción de los investigadores que con el tiempo se han ido formando. El disponer de un mayor número de centros e institutos de investigación, además de reducir nuestra dependencia tecnocientífica, nos ayudaría a obtener el mejor conocimiento de la biota endémica del país a través de la biotecnología actual, asegurando con ello líneas de investigación, patentes y recursos económicos indispensables.

En cuanto a los procesos de institucionalización y apoyo para el desarrollo de la ciencia y la tecnología (CyT), no hay duda de las ventajas que ha representado la existencia del CONACYT desde su creación a finales de 1970, particularmente con el establecimiento del Sistema Nacional de Investigadores en 1984, que ha permitido mejorar la situación económica de muchos miembros de la comunidad científica; sin embargo, son muchas las voces que han criticado la manera en que el CONACYT ha sido manejado con el

---

<sup>124</sup> Óscar Gustavo Retana, “La institucionalización de la investigación científica en México. Breve cronología”, en <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/43-revistas/revista-ciencias-94/200-la-institucionalizacion-de-la-investigacion-cientifica-en-mexico-breve-cronologia.html> Consultada el 25 de septiembre de 2018 (Vale la pena añadir que el Instituto Nacional de Medicina Genómica fue establecido hasta 2004).

transcurrir de las décadas<sup>125</sup>. Esto puede observarse en las diferencias de opinión cuando se habla de la Ley de Ciencia y Tecnología, promulgada en 2002 la cual, habiendo sido reformada en diversas ocasiones, para 2019 no había logrado generar un consenso más general en cuanto a sus objetivos y la forma en que éstos buscan ser respaldados e impulsados por el Estado.

Por otra parte, en ese mismo sentido, debemos anotar que la iniciativa privada (IP) tampoco ha desempeñado un papel relevante. En los primeros 10 años de este siglo, por ejemplo, su participación en este rubro en los mejores casos no rebasó el 10% del total invertido en ciencia y tecnología pues, como es de esperar, su colaboración se limitó a aquellos proyectos que respondían a sus intereses<sup>126</sup> y no al apoyo general que merece la tecnociencia que, de manera eventual, también favorecería a la propia IP<sup>127</sup>. De hecho, los datos más recientes disponibles en el INEGI señalan que el gasto en Investigación y Desarrollo Tecnológico por parte del sector productivo, como proporción del PIB, fue equivalente durante 2010, 2011, 2012 y 2013 a tan sólo el 0.2%, 0.2%, 0.1% y 0.1% respectivamente para cada año<sup>128</sup>.

Rebasando el ámbito nacional, es claro que las circunstancias en las que la tecnociencia es desarrollada obedecen a las políticas y capacidades de cada país. En lo que se refiere a las economías altamente desarrolladas las investigaciones, amén de su diversificación, contemplan un fuerte apoyo a la ciencia básica que permite un avance más expedito al momento de desarrollar la ciencia aplicada. Ahora, en países como el nuestro las actividades tecnocientíficas obedecen, principalmente, a la necesidad de dar soluciones a problemas perentorios lo que en consecuencia disminuye la atención otorgada a la ciencia básica y, por ende, a la vinculación de esta última con la ciencia aplicada. En el caso particular de la Bt esta situación nos ubica en una franca desventaja. Ello puede comprenderse más fácilmente si revisamos el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB)

---

<sup>125</sup> Vid., Ruy Pérez Tamayo, “El Estado y la Ciencia en México: pasado, presente y futuro”, en <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2873/17.pdf> Consultada el 26 de septiembre de 2018.

<sup>126</sup> Ibidem, Cfr. las declaraciones de Raúl Meixueiro quien apunta que cuando menos en el ramo de la biotecnología aplicada a la industria farmacéutica, ha sido la IP y no el Estado la que se ha encargado de impulsar la investigación científica y tecnológica. Entrevista a Raúl Meixueiro Montes de Oca.

<sup>127</sup> Mazzucato, María, Op. cit.

<sup>128</sup> <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/ciencia/> Consultada el 11 de noviembre de 2018.



que, desde hace décadas, el Estado mexicano ha destinado a CyT, ello en medio de un contexto internacional en el que los acuerdos comerciales y el otorgamiento de patentes, tampoco favorecen a las actividades que históricamente ha pretendido desarrollar el CONACYT<sup>129</sup>, así como algunas universidades públicas, institutos y centros de investigación financiados por el Estado.

Sobre lo anterior conviene señalar que hasta hace unos años los promedios sugeridos por la Organización de las Naciones Unidas, a través de la UNESCO, para ser destinados por cada país al desarrollo de la CyT debían ser del 1% de su PIB; y en el caso de los miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), a la que México pertenece por alguna razón, debían ser equivalentes a dos puntos porcentuales<sup>130</sup>. Aunque estos criterios parecen haberse modificado ligeramente tanto para las economías en desarrollo como para las avanzadas, hay que destacar que en nuestro caso, entre 1996 y 2015, el porcentaje del PIB apenas sobrepasó el medio punto porcentual hasta 2009 y que de ahí en adelante, el avance también fue marginal.

De manera específica los porcentajes han sido los siguientes:

1996: 0.259%, 1997: 0.287%, 1998: 0.316%, 1999: 0.356%, 2000: 0.317%, 2001: 0.339%, 2002: 0.382%, 2003: 0.389%, 2004: 0.394%, 2005: 0.404%, 2006: 0.374%, 2007: 0.43%, 2008: 0.473%, 2009: 0.519%, 2010: 0.536%, 2011: 0.514%, 2012: 0.494%, 2013: 0.504%, 2014: 0.536%, 2015: 0.552%<sup>131</sup>.

**Promedio del PIB destinado a ciencia y tecnología entre 1996 y 2015: 0.418%**

Los datos que hemos presentado sólo alcanzan a esbozar la situación en que se encuentra la Bt en nuestro país. Para mejorar nuestra comprensión de nuestro objeto de estudio, antes de analizar la percepción que se tiene de ella en el tejido social, en el siguiente capítulo abordaremos algunos aspectos relacionados con la legislación mexicana en torno a los OTG.

---

<sup>129</sup> Al respecto Vid., <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt> Consultada el 25 de septiembre de 2018.

<sup>130</sup> Wilphen Vázquez Ruiz, “La genética humana en México. El papel de las agrupaciones científicas y las instituciones públicas”.

<sup>131</sup> <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=MX> Consultada el 11 de noviembre de 2018.

## Capítulo 3

# La biotecnología ante las regulaciones. Tratados internacionales y la legislación en México

Un proyecto social de cambio sólo es razonable cuando se adecua a la situación existente, con todas sus limitaciones históricas, cuando toma en cuenta las consecuencias reales de las acciones políticas y económicas, cuando, en suma, pone especial cuidado en ejercerse conforme a las condiciones cambiantes que el contexto social impone.<sup>132</sup>

### 3.1- Los fines del Estado

Cualquiera que sea la actividad que se lleve a cabo dentro de un país, en tanto aquella sea legal, ésta se desarrollará con base en una legislación determinada por las leyes del propio país así como por los acuerdos internacionales a los que esté adscrito. Tales normas afectarán y condicionarán muchas de las acciones que puedan ser ejecutadas por los particulares, o las entidades que estos formen, así como las regulaciones y sanciones impuestas por parte de los gobiernos en cualquiera de sus niveles, según sea el caso.

Un Estado, a decir de Antony Giddens, existe en donde hay un aparato político e instituciones de gobierno así como funcionarios públicos civiles, quienes rigen sobre un territorio dado respaldando su autoridad en un sistema legal, así como en la capacidad de emplear la fuerza a fin de implantar sus políticas. A la luz de tales consideraciones, añade Giddens, un estado nacional se refiere de manera específica a un aparato político reconocido por tener derechos soberanos, dentro de las fronteras de una zona territorial específica, y su capacidad para respaldar sus reclamaciones de soberanía<sup>133</sup>.

A los conceptos ofrecidos por Giddens debemos sumar qué es lo que busca un Estado con respecto a sus gobernados. Cualquiera que sea su composición y organización específica, su fin último está en asegurar el bienestar de la población lo que incluye la promulgación y/o imposición de una jurisprudencia que contempla el derecho y defensa de la vida, lo laboral, la educación, la libre asociación y muchas más actividades englobadas

---

<sup>132</sup> Villoro, Luis, *Los retos de la sociedad por venir*, 2 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2013: pp. 217.

<sup>133</sup> *Vid.*, “Capítulo 10. Política, Gobierno, Estado”, en Giddens, Anthony, *Sociología*, 2 ed., Trad. Teresa Alberó, et. al., España, Alianza, 1994: pp. 345-386.

en el concepto del “bien común”<sup>134</sup>. De un tiempo a la fecha dicho concepto ha reflejado una preocupación creciente y cada vez más concreta por la defensa del medio ambiente, así como de las comunidades humanas que viven en él.

Es indispensable señalar que buena parte de las distintas leyes, reglamentos y normas que se han diseñado en México con el fin de intentar proteger al medio ambiente, así como para controlar los riesgos que implica el manejo de los productos biotecnológicos, contienen cláusulas específicas en las que se hace referencia al respeto de la biodiversidad así como de los pueblos y comunidades originarios que viven en diversas regiones del país<sup>135</sup>. También hacen hincapié en la necesidad de respetar y preservar tanto a los conocimientos tradicionales, como a las especies y variedades vegetales cuyo centro de origen se encuentra en diversas regiones de nuestro territorio, como es el caso del maíz.

Ahora, estas definiciones expresan, de manera sucinta, lo que generalmente entendemos por Estado y los derechos que tienen sus gobernados. Sin embargo, el contacto que existe entre las sociedades contemporáneas a partir de una serie de acuerdos y normas internacionales aceptadas, unilateral o multilateralmente, nos obligan a considerar la complejidad de las leyes, normas y reglamentos que cada Estado diseña para que éstas sean aplicadas dentro de sus fronteras. En el caso de México esto se refleja en su propia normatividad la cual contempla la importación y la exportación, así como la liberación o el empleo de OTG<sup>136</sup>.

---

<sup>134</sup> José Manuel Villalpando César señala que, en el caso de México, se presenta la necesidad de insertar en nuestra Carta Magna un preámbulo que exprese cuáles son los fines que persigue el Estado, incluyendo los motivos que nos unen como nación así como los principios que han de regir la convivencia social. Vid., José Villalpando César, “Los fines del Estado Mexicano”, en *Quid iuris*, México, Tribunal Estatal electoral de Chihuahua, Año 8, Vol. 25, 2014. Versión electrónica en <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/quid-iuris/article/view/17514/15722> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

<sup>135</sup> Vid., María Eugenia Fabro, "Pueblos originarios, una cultura viva en México", en *Gaceta UNAM*, 7 de agosto de 2019. Versión electrónica en <https://www.gaceta.unam.mx/pueblos-originarios-una-cultura-viva-en-mexico/> Consultada el 16 de abril de 2020. Adelantándonos en nuestro análisis vale la pena mencionar que estas preocupaciones son contempladas por la legislación a nivel constitucional, a partir de la adscripción de México al Protocolo de Cartagena y aquellos que han complementado a este último como lo son el de Nagoya y el de Kualalumpur (2011).

<sup>136</sup> Cabe señalar que las leyes generales, normas y reglamentos que mencionaremos en este apartado no emplean el término de OTG, sino el de Organismos Genéticamente Modificados (OGM).

### 3.2- Jerarquización de las leyes

Antes de comenzar esta discusión, debemos apuntar que la máxima norma que rige en un país como el nuestro es toda aquella plasmada en su constitución política. En México, de manera particular, la cláusula de supremacía constitucional contenida en el artículo 133 dispone que la Constitución, las leyes elaboradas por el Congreso de la Unión y los tratados que sean celebrados por el Ejecutivo Federal con la aprobación del Senado, serán la Ley suprema en todo el territorio nacional.

Dado que en materia de leyes la jurisprudencia está marcada por la definición y el entendimiento de las normas, la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) ha señalado que tanto las leyes como los tratados tienen una categoría inferior a las leyes constitucionales. En su momento lo anterior dio lugar a una serie de polémicas en cuanto a si la jerarquía de las leyes y los tratados estaba subordinada, o no, a la de las normas constitucionales. Ante semejante controversia en 1999 la SCJN estableció que los tratados están por encima de las leyes, así como en un segundo plano con respecto a la Constitución.<sup>137</sup> Esto muestra que jerárquicamente las leyes en México se obedecen básicamente con el siguiente criterio de prioridad descendente: Ley constitucional, Acuerdos y Tratados Internacionales, Leyes generales, leyes particulares, reglamentos y normas.

Es importante señalar lo anterior porque, como veremos de manera acotada en este apartado, la normatividad mexicana relacionada con los OTG no responde únicamente a las normas constitucionales sino, también, a las establecidas por una serie de tratados siendo dos de ellos los más importantes para el caso que nos ocupa: por un lado, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte o TLCAN por sus siglas en español y también conocido como North American Free Trade Agreement o NAFTA, por sus siglas en inglés, firmado por nuestro país, Canadá y Estados Unidos en 1994. Por el otro está el Protocolo

---

<sup>137</sup> Imer B. Flores, “Sobre la jerarquía normativa de leyes y tratados. A propósito de la (eventual) revisión de una tesis”, en *Cuestiones constitucionales. Revista Mexicana del Derecho Constitucional*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Núm. 13, 2005. Versión electrónica en <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cuc/article/view/2145/23362> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

de Cartagena firmado por México en 2000, ratificado en 2002, y por último, el Acuerdo de París aprobado en 2015.

Por supuesto no es fin de este trabajo ahondar en los aspectos legales del TLCAN que permanecieron sin cambios hasta 2018, año en que se redefinieron y renegociaron las bases del mismo, siendo sustituido por el Acuerdo Estados Unidos-México-Canadá, AEUMC por sus siglas en español, o USMCA por sus siglas en inglés<sup>138</sup>. Sin embargo, la normatividad mexicana en torno a los OTG no puede ser plenamente entendida sin una de las cláusulas que el TLCAN incluyó desde el inicio: la ISDS (Investor-state dispute settlement) la cual básicamente estipulaba que los inversionistas de un país podían llegar a demandar al gobierno de uno de sus socios comerciales, en donde se daba la inversión, si la legislación de éste último afectaba los intereses de aquellos. Esto con base en el argumento de que ello representaba prácticas discriminatorias en materia comercial. Así entonces, bajo la ISDS, las acciones del Gobierno Mexicano se han visto entorpecidas o limitadas cuando éste ha considerado que la importación y/o liberación de algunos OTG ponen en riesgo a su biota, población o industria<sup>139</sup>.

Al mismo tiempo que la normatividad mexicana en torno a la biotecnología y los OTG está fuertemente condicionada por la ISDS de lo que ahora es el TEMEC<sup>140</sup>, también

---

<sup>138</sup> “Del NAFTA y TLCAN al USMCA y AEUMC. ¿Qué significan estas siglas?”, en *El Universal*, México, 1 de octubre de 2018. Versión electrónica en <https://www.eluniversal.com.mx/mundo/del-nafta-y-tlcan-usmca-y-aeumc-que-significan-estas-siglas> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

<sup>139</sup> El sentido que queremos dar al concepto de intencionalidad plasmado en las leyes y normas que hemos mencionado se dirige a que por las características propias de toda legislación, ya sea nacional o internacional, ésta finalmente se encuentra sujeta a criterios de interpretación que habrán de imponerse cuando surja alguna controversia entre los actores involucrados. De manera particular esto puede verse reflejado en la demanda que fue entablada en contra de la SAGARPA en 2016, cuando ésta fijó una moratoria para la introducción de semillas transgénicas y al cual ya nos referimos antes.

<sup>140</sup> Al respecto conviene señalar que, a diferencia de los representantes enviados por el Gobierno de México cuando el NAFTA comenzó a ser renegociado, sus pares del Gobierno canadiense lograron en su relación con Estados Unidos la derogación de la cláusula ISDS, la cual comprometía la soberanía canadiense en torno a los problemas medioambientales generados por inversionistas de la Unión Americana.

Si bien se insiste en que este trabajo no habrá de adentrarse en los aspectos legales del nuevo TEMEC, cabe señalar que ésta, sin duda, habrá de ser una tarea pendiente para quien escribe o para otros historiadores de la ciencia que contemplen los aspectos sociales relacionados a ella.

Vid., “Canadian PM Justin Trudeau Speech on US-CANADA Trade Agreement (1/oct/2018)”, en <https://www.youtube.com/watch?v=jZIMA7e0Ze0&feature=youtu.be> Consultada el 15 de noviembre de 2018; “NAFTA”, en <https://isds.bilaterals.org/?-isds-nafta-&lang=> Consultada el 16 de noviembre de 2018; e “Investor-state dispute settlement”, en [https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state\\_dispute\\_settlement](https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state_dispute_settlement) Consultada el 16 de noviembre de 2018.

se encuentra limitada por otros acuerdos internacionales de los cuales el más importante es el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, que fija una serie de pautas a los países firmantes para la elaboración del marco regulatorio en torno a los OGM.

Como antecedente inmediato de este acuerdo, dirigido a contar con un marco internacional sobre bioseguridad, está el Convenio sobre la Diversidad Biológica firmado por más de 150 países en el marco de la Cumbre de Río en 1992. En cuanto al Protocolo de Cartagena éste fue adoptado durante la Convención de Montreal en enero de 2000, siendo el nuestro uno de los 70 países firmantes hasta ese momento<sup>141</sup>.

En su artículo 1, el *Protocolo de Cartagena* señala el que es su **Objetivo**:

De conformidad con el enfoque de precaución que figura en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del presente Protocolo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos.<sup>142</sup>

Por supuesto, la preocupación de la comunidad científica internacional en torno a los OTG tiene antecedentes previos a la firma del Protocolo de Cartagena. Vale la pena recordar que ya en la década de los 70 del siglo pasado, ante los avances que presentaba la biotecnología, y los que ésta sugería para el futuro del genética humana, el ingeniero

---

<sup>141</sup> De manera más específica en cuanto a la elaboración del protocolo sobre bioseguridad que derivó en el Protocolo de Cartagena, poco después del a Cumbre de Río en 1992 tuvieron lugar un par de reuniones ante la necesidad de contar con un marco internacional sobre bioseguridad. La primera de ellas fue la Conferencia de las Partes (COP) sobre biodiversidad que se sostuvo en Nassau en 1994, teniéndose una segunda reunión en Yakarta, durante 1995. Tales eventos dieron como resultado la decisión de establecer un grupo de trabajo internacional encargado de elaborar un protocolo sobre bioseguridad. *Vid., Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Informe de la Delegación de México sobre la segunda reunión del Comité Intergubernamental del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, Nairobi, Kenia, del 1 al 5 de octubre del 2001*, México, Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados CIBIOGEM, 2001, 55 p.

<sup>142</sup> *Ibidem*. Vale la pena añadir que en el segundo artículo de este documento, referido a las disposiciones generales, se establece que cada uno de los países firmantes tomará las medidas legislativas, administrativas y de otro tipo, necesarias y convenientes para cumplir sus obligaciones dimanantes del presente Protocolo. Éste no afectará en modo alguno a la soberanía de los Estados sobre su mar territorial establecida de acuerdo con el derecho internacional, ni a los derechos soberanos ni la jurisdicción de los Estados sobre sus zonas económicas exclusivas y sus plataformas continentales de conformidad con el derecho internacional, ni al ejercicio por los buques y las aeronaves de todos los Estados de los derechos y libertades de navegación establecidos en el derecho internacional y recogidos en los instrumentos internacionales pertinentes.

químico y biólogo molecular Paul Berg convocó en 1974 a un grupo de científicos destacados en la materia para llevar a cabo una serie de discusiones que derivaron en lo que se conoce como la **Conferencia de Asilomar**.

Como resultado de estas discusiones, los miembros de la Academia Nacional de Estados Unidos acordaron que, para el estudio de virus humanos o animales, así como en las investigaciones realizadas con el genoma de las bacterias, debía fijarse una serie de medidas preventivas para asegurar que los riesgos generados por la recombinación artificial de las moléculas de ADN se redujera al mínimo, tanto para el personal de laboratorio que se dedicaba a este tipo de trabajo como para el público en general y, por supuesto, las demás formas de vida con las que compartíamos el planeta<sup>143</sup>.

Lamentablemente, a pesar de estos esfuerzos, los intereses propios en lo que prometía ser un nuevo mercado basado en la biotecnología muy pronto ignoraron muchos de los acuerdos logrados en Asilomar<sup>144</sup>. Esto ha tenido, desde entonces, efectos notables en muchas de las áreas desarrolladas por la Bt. En numerosos casos, hay que aceptarlo, los OTG así como los productos generados por ellos, al obedecer únicamente a la lógica del mercado, no han sido por entero favorables para el desarrollo de las sociedades ni la mejora del medio ambiente, siendo ésta una discusión pendiente para la Historia de la ciencia. Sin embargo, por ahora debemos dar seguimiento a algunos aspectos referentes a la legislación nacional

---

<sup>143</sup> Vid., <http://apuntesbiologiamol.blogspot.mx/2014/04/conferencia-de-asilomar.html> Consultada 15 de abril 2018.

<sup>144</sup> Al respecto puede consultarse San Martín, José, *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos prometen*, 3 ed., España, Anthropos, 1992, 207 p. A pesar de no tratarse de una obra de reciente aparición, en ella el autor ofrece un panorama en el que muchos de los científicos, que se fueron incorporando a la biotecnología a partir de los años 50, provenían de áreas tan distantes en ese momento como la Física. En esta obra el autor hizo notar que el desconocimiento de estos científicos en cuanto a los procesos propios de la vida, derivó en que un biólogo notable comentara que se estaban presentando riesgos preocupantes en las investigaciones que eran realizadas. De igual forma señaló que a partir de 1977 se comenzaron a fundar empresas genético-sintéticas, dirigidas por investigadores provenientes de los mayores y mejores departamentos universitarios estadounidenses, para quienes las normas acordadas en la Conferencia de Asilomar no eran sino letra muerta.

### 3.3- La legislación mexicana en torno a los OTG

Para nuestra explicación nos basaremos en tres leyes generales aplicadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA)<sup>145</sup>; la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Salud (SSA), en cuyos ámbitos de acción respectivos cada una ejecuta la Ley General de Sanidad Vegetal (LGSV), la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General de Salud (LGS), según sea el caso<sup>146</sup>. Por encima de estas leyes se encuentra la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LGBOGM) que norma, a su vez, los ámbitos de competencia particulares de cada una de las Secretarías mencionadas, así como las acciones en que éstas convergen.

Específicamente la LBOGM, promulgada en marzo de 2005, establece las atribuciones de cada secretaría con el objeto de regular la liberación experimental de los OGM<sup>147</sup>, con el fin de evitar o reducir los riesgos que las actividades que los involucran puedan ocasionar al medio ambiente y a la diversidad biológica, o en la sanidad animal, vegetal y acuícola<sup>148</sup>. De igual forma, incluye una serie de consideraciones en cuanto al empleo y manipulación de los OGM dentro de los laboratorios, así como algunos de los productos obtenidos a partir de ellos. Así entonces, las atribuciones y ámbitos de acción de las secretarías a las que nos hemos referido son otorgadas de la siguiente manera: a la SAGARPA a través de los artículos 12 y 13 de la LBOGM<sup>149</sup>; para la SEMARNAT esto se establece básicamente en el artículo 11<sup>150</sup> y para el caso de la SSA por medio del artículo 16<sup>151</sup>. Cabe añadir que entre las demás dependencias y secretarías de Estado que de una u otra manera están involucradas en el manejo y liberación, así como en el otorgamiento de permisos para exportación y/o importación de OGM, destaca la de Hacienda y Crédito

---

<sup>145</sup> Transformada en la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER) a partir de 2018.

<sup>146</sup> Estas leyes son válidas en todo el territorio nacional y obligatorias tanto para las personas físicas como las morales.

<sup>147</sup> Es necesario apuntar que si bien en este trabajo el término que se ocupa es el de OTG, en la legislación nacional que tiene que ver con la biotecnología se emplea el término OGM.

<sup>148</sup> LBOGM, Art. 1. Versión electrónica en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lbogm.htm> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

<sup>149</sup> Ibid., Artículos 12, 13.

<sup>150</sup> Ibid., Artículo 11.

<sup>151</sup> Ibid., Artículo 16. En éste se señala que la SSA realizará las acciones de vigilancia sanitaria y epidemiológica de los OGM, así como de los productos que los contengan y de los productos derivados, en conformidad con la Ley General de Salud y sus disposiciones reglamentarias.



Público (SHCP) cuyas prerrogativas también están señaladas en el artículo 18 de la misma LBOGM<sup>152</sup>.

La revisión de esta Ley nos permite observar que si bien cada una de las Dependencias aludidas se ocupa de un ámbito específico de acciones, ello no significa que en un momento dado no deban colaborar juntas, especialmente cuando tiene lugar la Evaluación del Riesgo que implica el manejo de estos OGM. De hecho, en caso de que se presente una liberación accidental de los mismos, estas secretarías deben coordinarse para imponer colectivamente las medidas necesarias que eviten afectaciones negativas a la diversidad biológica, la salud de los individuos o en la sanidad animal, vegetal y acuícola<sup>153</sup>, en lo cual también intervienen diferentes normas y reglamentos que devienen de las leyes generales que hemos mencionado.

De manera específica, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015<sup>154</sup>, establece las características así como los requisitos que deberán contener los estudios de evaluación, ante los posibles riesgos que pudiera ocasionar la liberación experimental de OGM, contemplando toda la gama de afectaciones biológicas a las que nos hemos referido. Esto en correspondencia con los objetivos que fueron propuestos por el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 –citado en la misma **NOM**- cuyo objetivo es:

“... promover el crecimiento de la productividad en un clima de estabilidad económica generando una igualdad de oportunidades, contando con una infraestructura adecuada, buscando condiciones favorables para el desarrollo económico a través de una regulación que permita una sana competencia, teniendo como línea estratégica desregular, reorientar y simplificar el marco normativo del sector agroalimentario.”<sup>155</sup>

---

<sup>152</sup> *Ibid.*, Artículo 18. De manera específica destacamos que toca a la SHCP el revisar en las aduanas de entrada del territorio nacional, que los OGM que se importen y destinen a su liberación al ambiente o a las finalidades establecidas en el artículo 91 de esta Ley, cuenten con el permiso y/o la autorización respectiva, según sea el caso en los términos de este ordenamiento.

<sup>153</sup> *Ibid.*, Artículo 17.

<sup>154</sup> Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015, publicada por el *Diario Oficial de la Federación* el 3 de enero de 2017. Versión electrónica en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5468449&fecha=03/01/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5468449&fecha=03/01/2017) Consultada el 06 de octubre de 2018. **A partir de este momento cada Norma Oficial Mexicana se abreviará NOM.**

<sup>155</sup> *Ibidem.*, Sobre el riesgo el mismo documento establece que el mismo “Es una estimación de la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso y la magnitud del daño esperado, por lo tanto se conforma por dos elementos distintos pero complementarios: la exposición y la magnitud. Estos elementos se caracterizan por separado antes de integrarse en una estimación del nivel de riesgo.”

Así entonces, en el contexto del PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015, la Evaluación del riesgo es entendida como el proceso que deben seguir los interesados y a través del cual se analizarán, caso por caso, los posibles riesgos o efectos que la liberación de los OGM en etapa experimental pudieran ocasionar al medio ambiente y a la diversidad biológica en su conjunto. Los fundamentos técnicos se basarán en los artículos 60 y 64 de la LBOGM<sup>156</sup>. Ahora, conviene señalar que al momento en que estas líneas se redactaron enfrentábamos algunas incertidumbres en cuanto al camino que pudiera seguir la importación y liberación de los OTG en el territorio nacional, ello como resultado del proceso electoral de 2018. Esta mención es necesaria toda vez que la Historia de la biotecnología contemporánea que resulta de esta investigación, si bien no debe centrarse en los acontecimientos políticos de nuestro país, tampoco puede ignorarlos.

Volviendo con el PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015, cuando éste fue aceptado se especificó que en su elaboración había participado una serie de dependencias, instituciones y organismos que de manera general abarcaron a la SAGARPA, la SEMARNAT, la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM); la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), así como algunas Organizaciones no Gubernamentales (ONG).

En cuanto a la LBOGM, como en toda legislación, ésta al igual que cualquiera de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y los reglamentos derivados de ellas, también se presentan lagunas y duplicidad de funciones que sugieren la posibilidad de que su aplicación pueda verse afectada. Por ejemplo, se ha mencionado que en la elaboración del PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015 participó la CONABIO, dependencia

---

<sup>156</sup> En la última versión de la LBOGM de 2018 se establece que la evaluación del riesgo es el proceso por el cual se analizan caso por caso, con base en estudios fundamentados científica y técnicamente, los posibles riesgos o efectos que la liberación experimental que los OGM pueden causar al medio ambiente y a la diversidad biológica, así como a la sanidad animal, vegetal y acuícola. Dichos estudios deben ser elaborados por los interesados en la liberación de estos OGM teniendo que ser confrontados con otros análisis acerca de la contribución de los OGM a la solución de problemas ambientales, sociales, productivos o de otra índole, para lo cual fueron diseñados. Vid., LBOGM, Artículos 60 y 64.

gubernamental que cuenta con actividades encaminadas al conocimiento de la diversidad biológica del país, así como a su conservación y uso sustentable. Al comparar estas funciones con las correspondientes a la CIBIOGEM, se percibe que las actividades de ambas se empalman significativamente, aunque no de manera total. ¿Qué significa esto? Que debido a la complejidad de nuestro objeto de estudio, es inevitable que se presente cierto grado de duplicidad en las funciones de cada dependencia y secretaría por lo que se deben hacer mayores esfuerzos para delimitar las funciones de las mismas a fin de volver más eficiente el proceder que corresponde a cada una de ellas.

Ahora, la distinción dentro de la LBOGM radica en que a la CIBIOGEM le corresponde el "... formular y coordinar las políticas de la Administración Pública Federal relativas a la bioseguridad de los OGM, la cual tendrá las funciones que establezcan las disposiciones reglamentarias que deriven de esta Ley."<sup>157</sup> En lo que toca a la CONABIO, a ésta se le confiere el promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica y a su conservación<sup>158</sup>. Conviene añadir que, no obstante la duplicidad de funciones y las lagunas que puedan verse reflejadas en la normatividad referente a los OGM, en ella el Estado expresa y reconoce la importancia de los mismos no sólo en lo que se refiere al medio ambiente sino, también, en el papel económico que desempeñan y que pueden llegar a tener al ser incorporados a diversas actividades económicas, empresariales y medio ambientales.

Ya desde la adopción del *Protocolo de Cartagena*, la CIBIOGEM señalaba la importancia de dicho acuerdo ante la necesidad de proteger la salud humana y el medio ambiente, frente a los posibles efectos adversos de los productos de la biotecnología moderna. Al respecto debo insistir en que si bien algunos investigadores consideran que el conocimiento y desarrollo de técnicas para la obtención de productos como diferentes clases de pan, lácteos o de diferentes tipos de alcohol que puedan ser ingeridos por el ser humano, desarrolladas por culturas ancestrales, pueden ser consideradas como un tipo de

---

<sup>157</sup> Vid., <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/cibiogem/acerca-de-la-cibiogem> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

<sup>158</sup> Esto define entonces a la CONABIO como una organización de investigación básica y aplicada que, también, instrumenta y opera el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Vid., <https://www.gob.mx/conabio/que-hacemos> Consultada el 17 de noviembre de 2018.

Bt, la postura que se guarda en esta investigación es contraria a esa tesis toda vez que en dichas técnicas se ignoraba el papel que juegan los microorganismos en la elaboración de esos y otros productos. Esto sólo fue posible hasta que la ciencia moderna se desarrolló lo suficiente como para identificar a los microorganismos a los que nos hemos referido; ello sin olvidar que existe una zanja enorme entre ese conocimiento moderno y el que es propio de la ciencia contemporánea con la cual podemos modificar el genoma de esta microbiota, lo cual es uno de los temas de estudio presentados aquí y que empata con que el Protocolo de Cartagena enfatiza, además, que la Bt ofrece potencialidades enormes para el beneficio humano, particularmente en cuanto a la satisfacción de las necesidades de alimentación, agricultura y cuidados sanitarios<sup>159</sup>.

Al revisar los párrafos anteriores observamos una condición cuya existencia que, no obstante su obviedad, no debe ser omitida. Ésta es el papel que tiene el Estado, o que debiera tener, en la protección de la biodiversidad y del medio ambiente a partir del impulso a la investigación científica y tecnológica, lo cual es mencionado de manera específica en el artículo 23 de la LBOGM que a la letra establece:

El CONACyT contará en su presupuesto con los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de la CIBIOGEM, de la Secretaría Ejecutiva y del Consejo Consultivo Científico, conforme al presupuesto que se autorice en los términos de las disposiciones aplicables. Dichos recursos serán administrados y ejercidos por el Secretario Ejecutivo de la CIBIOGEM.

Los programas, proyectos, apoyos, así como las demás acciones que se lleven a cabo por la aplicación de la presente Ley y demás disposiciones en la materia, en los que se ejerzan recursos de carácter federal, se sujetarán a la disponibilidad de recursos que se determinen para tal fin en el Presupuesto de Egresos de la Federación del ejercicio fiscal correspondiente, y deberán observar las disposiciones aplicables en materia presupuestaria.

Ciertamente la cita anterior concuerda no sólo con los objetivos perseguidos por el CONACYT sino, también, con los que se pretenden alcanzar a través de mecanismos como los propuestos por la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT) aprobada en 2002 y modificada por última vez en 2015, mientras se elaboraba esta investigación<sup>160</sup>. Empero, el señalamiento que se hace con respecto a que los programas y recursos estarán sujetos a la

---

<sup>159</sup> *Vid.*, *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*.

<sup>160</sup> *Vid.*, [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242\\_081215.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf) Consultada el 15 de noviembre de 2018.

disponibilidad de recursos revelan que, en países como el nuestro, no existe una planeación con respecto al apoyo dado a la CyT que sea transexenal.

No obstante que el conjunto de leyes, normas y reglamentos que involucra a los OTG sea bien intencionada en la defensa de los intereses nacionales<sup>161</sup> -e incluso aún cuando precise el apoyo que debe recibir la investigación tecnocientífica por parte del Estado-, debemos recordar que el porcentaje del PIB destinado a ese rubro de acuerdo con el Banco Mundial ha sido ínfimo, (0.418% en promedio anual entre 1996 y 2015), lo cual afecta no sólo al desarrollo de la Bt sino a la contención de los riesgos que ésta genera. Así entonces, el problema no está en la Bt ni en los OTG *per se*, como sí lo está en la falta de recursos para impulsarla en nuestro país.

Resumiendo, si en este capítulo hemos tratado la legislación nacional desarrollada y establecida en torno a los OTG, ello se debe a que aunado a las ventajas que estos representan para diversas actividades humanas, también significan riesgos que nuestras leyes buscan aminorar en la mayor medida posible. Ya que la nuestra es una investigación cuyo marco teórico se basa en buena medida en los aportes ofrecidos por la Historia social, debo reiterar la relación que guardan todas las disciplinas que generan el conocimiento humano. Entre ellas destacamos ahora a la economía.

Lo anterior se debe a que la vinculación entre la Bt, los OTG y las actividades económicas es por demás estrecha, lo que se ve reflejado en muchos aspectos que componen a la legislación correspondiente, y que contempla el concepto de riesgo. Este último, hay que aclararlo, sobrepasa a la Bt para extenderse a las sociedades en su conjunto.

En lo que se refiere específicamente a la esfera económica, Dominique Pestre acierta al señalar que las vinculaciones que implican a todas las prácticas propias de una sociedad global se ven reflejadas, a su vez, en un riesgo que impone nuevas responsabilidades tanto para el individuo como para el cuerpo social. En este criterio, se incorpora la responsabilidad que implica el cuidado del medio ambiente que será heredado a las generaciones futuras<sup>162</sup>. Sobre esto debemos añadir que Víctor Climent Sanjuán establece

---

<sup>161</sup> Recordemos la demanda entablada contra la SEMARNAT en 2016 mencionada anteriormente.

<sup>162</sup> De manera más específica, Pestre aborda esta discusión apuntando que, al tiempo que la ciencia está en lo social, las sociedades posindustriales se encuentran marcadas por un tipo particular de producción y

que la *sociedad del riesgo* se basa en que la riqueza producida por las sociedades actuales, va acompañada por una creciente producción social del riesgo, y que ésta presenta consecuencias políticas y económicas que ya se ven reflejadas en una cantidad ingente de problemas ambientales, así como en el paralelismo existente entre la teoría de la modernización ecológica y las nuevas estrategias ecoproductivas<sup>163</sup>, en las que, insisto, el papel de la biotecnología es trascendental.

Es así como estas discusiones sobre la Bt y los OTG nos permiten discutir, ahora, algunas de las implicaciones que tiene la percepción de la biotecnología, tanto por parte de algunas comunidades epistémicas como de la sociedad en general, en torno al patentamiento de la vida y el papel de los Estados en este fenómeno que es, al mismo tiempo, una posibilidad benéfica y una problemática que requiere de nuestra atención.

---

organización en la que convergen, por un lado, una dimensión demográfica y cultural; y, por el otro, las dimensiones económicas y políticas. Pestre insiste en el nuevo papel que juega el capital financiero, así como en el retraimiento del poder de los Estados nacionales y el crecimiento de nuevos tipos de derechos y modos de regulación, que redefinirán las prácticas políticas existentes. Con todo esto, señala el autor, nos transformamos en una sociedad de riesgo en la que ahora también se presentan nuevas responsabilidades para los actores individuales, así como para los colectivos, no sólo en relación a sí mismos sino, también, en relación al medio ambiente y a las próximas generaciones que heredarán y enfrentarán lo que será nuestro legado. *Vid.*, Pestre, Dominique, *Op. cit.*, pp. 78, 79.

<sup>163</sup> Víctor Climent Sanjuán, “Sociedad del riesgo: producción y sostenibilidad”, *Pappers* No. 82, 2006: pp. 121-140. Versión electrónica en <https://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862n82/02102862n82p121.pdf> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

## Capítulo 4

### **Discusiones en torno a la Biotecnología. Comentarios sobre su percepción entre la comunidad científica, autoridades gubernamentales y ciudadanía.**

The worldview that guides the moral and spiritual values of an educated person today is the worldview given to us by science. Though the scientific facts do not by themselves dictate values, they certainly hem in the possibilities. By stripping ecclesiastical authority of its credibility on factual matters, they cast doubt on its claims to certitude in matters of morality...

But there are several reasons why the ambitions of the new scientism may be self-limiting. Those who speak in the name of nature must face the fact that nature has never spoken with one voice. Different scientists draw different moral inferences from science...

So the cost of modern skepticism about scientific virtue is paid not just by scientist but by all of us... That is why there can be no glib “of course” about discarding the idea of scientific virtue. We need to trust scientists, but we need scientists to be trustworthy.<sup>164</sup>

#### **4.1 Políticas públicas y comparativos internacionales**

Hasta ahora hemos estudiado algunos aspectos referentes a la historia de la biotecnología encaminándolos a su etapa más avanzada, así como el estado general que guardan el desarrollo de la ciencia y la tecnología (CyT) en nuestro país, y la forma en que los OTG se hallan sujetos a un tipo de normatividad dependiente de los tratados y acuerdos internacionales signados por México. Ahora hablaremos no sólo acerca de la política del Estado hacia la CyT sino, también, sobre cómo se expresa el enfrentamiento entre los grupos científicos en cuanto a la Bt y sus posibilidades. De igual forma incorporaremos a esta discusión las consideraciones que tiene la Iglesia Católica al respecto, lo mismo que la del individuo a pie de calle.

Para resolver las problemáticas que se han planteado debemos comenzar por establecer cuáles son los rasgos generales de una política pública y, de manera específica,

---

<sup>164</sup> Steven Shapin, “The virtue of Scientific Thinking”, *Boston Review. A political and literary forum*, January 20, 2015. Versión en línea en <http://bostonreview.net/steven-shapin-scientism-virtue> Consultada el 10 de diciembre de 2018.

cuáles son los que corresponden a las que se dirigen al desarrollo tecnocientífico<sup>165</sup>. Parfraseando a Pavel Luna Espinosa, podemos decir que una política pública se entiende como las acciones que son emprendidas por un Estado dirigidas a resolver un problema, o a mejorar la vida de sus habitantes. Tales políticas pueden abarcar cualquier aspecto de la dinámica colectiva, incluyendo al desarrollo tecnocientífico.

Entre los elementos más claros que podemos destacar en torno a las políticas públicas, está que éstas implican el reconocimiento de una problemática que no puede ser resuelta únicamente por la intervención de actores particulares. Una vez que tales dificultades son reconocidas como “públicas”, entran a la esfera de dominio de diversos órdenes de gobierno y dependencias gubernamentales de las que se espera su intervención para resolver el problema *in situ*<sup>166</sup>.

La Dependencia encargada de instrumentar las políticas gubernamentales sobre CyT en nuestro país es el CONACYT, en cuya página principal éste se asume así mismo:

... como un organismo público descentralizado del Estado, no sectorizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que goza de autonomía técnica, operativa y administrativa; tiene por objeto ser la entidad asesora del Ejecutivo Federal y especializada para articular las políticas públicas del gobierno federal y promover el desarrollo de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación a fin de impulsar la modernización tecnológica del país.<sup>167</sup>

Claro está que entre las intenciones y la realidad suele haber distancia. A pesar de las pretensiones que busca una institución como el CONACYT, el cual se conformó a partir de una política pública bien definida hacia la CyT, lo cierto es que los recursos destinados a su desarrollo distan mucho de ser los mínimamente necesarios para asegurar tales metas. Esto nos impele a considerar cuál es la percepción y la consideración que se tiene sobre la CyT

---

<sup>165</sup> Ya en otro capítulo hemos analizado algunas de las diferencias que a este respecto existen entre los países considerados como “periféricos”, en los que los estados se ven obligados a constreñir el desarrollo de sus capacidades tecnocientíficas subordinándolas a la resolución de problemas perentorios. En este capítulo nos centraremos en definir a grandes rasgos cuál ha sido la política seguida en México.

<sup>166</sup> Vid., Pavel Luna Espinosa, “Una escuela puede transformar al país: origen, desarrollo y consolidación de la política pública de infraestructura educativa en México (1944-1964)”, Tesis que para optar por el grado de Maestro en Historia, Directora: Dra. Lourdes Alvarado, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de filosofía y Letras, 2919, 206 p.

<sup>167</sup> <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt> Consultada el 18 de mayo de 2019.



en nuestro país por parte de diferentes actores sociales. Iniciemos con lo que respecta al Gobierno federal.

Previo a la discusión que nos ocupa hemos señalado que entre 1996 y 2015 el porcentaje del PIB destinado a CyT apenas y rebasó el 0.4%. El dato habla por sí mismo: no obstante nuestra pertenencia a la OCDE como una de las economías “más desarrolladas” del planeta, la política gubernamental en este rubro no ha sido sino desdeñosa. ¿Podría pensarse que esto es característico sólo de los gobiernos llamados “neoliberales”? La pregunta es interesante, pero su respuesta es perturbadora: No, esta postura no es exclusiva de los gobiernos de derecha. Baste señalar que el Gobierno y la administración federal que corre de 2018 a 2024 anunció el 15 de diciembre de 2018 un recorte del 6.5 % para el Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, que contemplaba disminuir en 12.6% los recursos destinados al Ramo 38, es decir al CONACYT<sup>168</sup>, todo esto detallado en el Presupuesto de Egresos para el ejercicio fiscal 2019. En cuanto al presupuesto asignado para 2020, éste no tuvo en realidad variaciones significativas con respecto al del año anterior.

Lo anterior forma parte de las condiciones generales en que se desenvuelven la CyT en México. ¿Pero qué hay de la Bt específicamente? Es difícil dar una respuesta definitiva dado que la Bt tiene diferentes áreas de desarrollo y aplicación, y la aceptación o rechazo de la misma es diferente en cada caso particular. En cuanto a los OTG vegetales, conviene decir que la postura oficial es de una franca animadversión, lo cual es observable en las consideraciones y proyectos en los que la SEMARNAT ahora busca que la agricultura, basada en los sistemas agroindustriales, sustituya a las semillas genéticamente modificadas por las generadas a través de prácticas agroecológicas.

---

<sup>168</sup> Por supuesto, y con justeza, los reclamos y reproches hechos por miembros y organizaciones prominentes de la comunidad científica no se hicieron esperar. Tal fue, entre otros, el caso de la Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales de Ciencia y Tecnología A.C. (REDNACECYT). Esta se pronunció contra dicho recorte, o reasignación como algunos podrían llamarle, pues en los hechos significaba que el CONACYT volviera a ejercer solamente un presupuesto equivalente al que le fue destinado en 2011.

Sumado a este reclamo, la REDNACECYT también hizo un apunte por demás relevante al señalar que en la iniciativa de Reforma Educativa enviada por el Ejecutivo Federal al Congreso de la Unión, el 12 de diciembre de 2018, se propuso la modificación de la fracción V del artículo 3° Constitucional, cambiando en su redacción la obligación del Estado de “apoyar” la investigación científica por la de “incentivar”, lo que a vista de los miembros de la REDNACECYT no es sino un retroceso en cuanto a la responsabilidad que tiene el Estado Mexicano de apoyar a este sector estratégico.

Entre los argumentos principales para este cambio de rumbo están las afectaciones globales al clima y la pretensión de que, con las prácticas y semillas no transgénicas que incluyen a las mejoradas, nuestro país alcance la autosuficiencia y soberanía alimentaria. Es de llamar la atención que, independientemente de las metas fijadas por la SEMARNAT, el presupuesto designado al sector medioambiental experimentó en 2019 una reducción del 17.46% con respecto a 2018. Sin embargo, se debe mencionar que dicho recorte obedece a una política en la que prima el criterio de austeridad el cual, en principio, no debe afectar a las actividades sustantivas y prioritarias de la Secretaría<sup>169</sup>.

Ahora bien, se dice que las comparaciones, por decirlo de alguna manera, no son amables. Pero en la Historia son por demás interesantes cuando éstas son pertinentes, por ello la validez de preguntar ¿Cuál es la situación que guarda México en torno a la CyT con respecto a la de otros países en diferentes regiones? ¿Cómo estamos en comparación con nuestros principales socios comerciales? ¿Qué posición ocupamos con respecto a las mayores economías latinoamericanas<sup>170</sup>? ¿Qué hay de algunas regiones con las que hasta mediados del siglo pasado, los niveles de desarrollo eran semejantes, por ejemplo los “tigres asiáticos”? ¿Qué pasa en algunos otros países que cuentan con una gran biodiversidad o que carecen de ella?

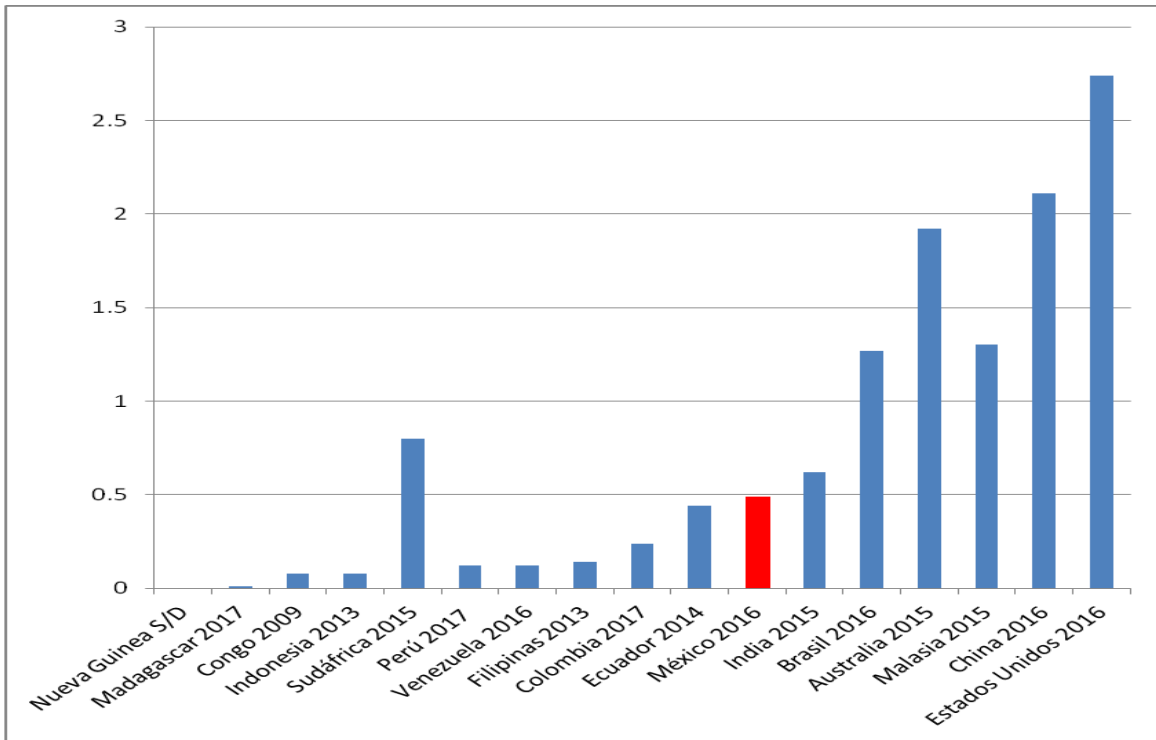
Contestar cada uno de estos reactivos de manera separada tomaría demasiado espacio, así que lo que proponemos es una comparación que se base en los vínculos comerciales, el ámbito geográfico, coincidencias y distinciones en biodiversidad, y semejanzas de desarrollo económico en un punto histórico anterior<sup>171</sup>.

---

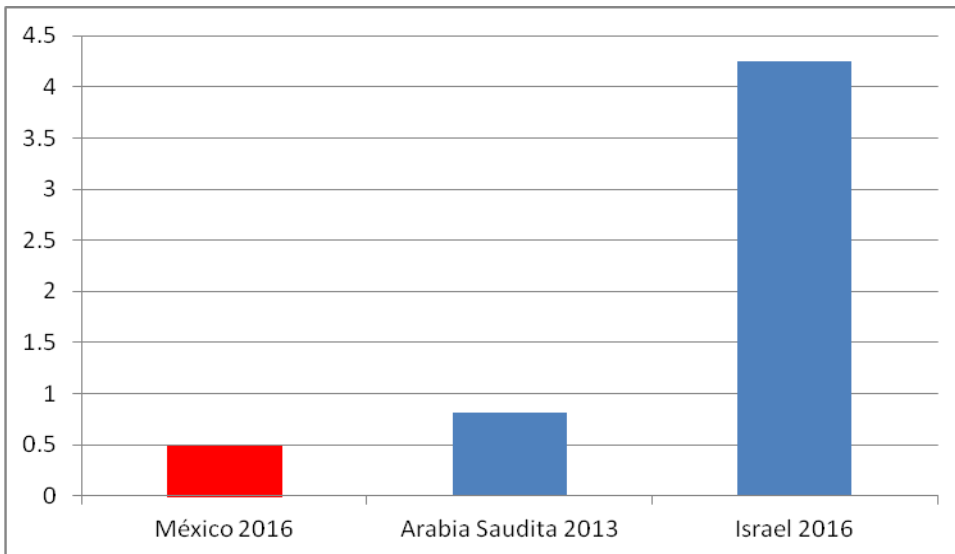
<sup>169</sup> “1 INFORME DE LABORES. MEDIO AMBIENTE”, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1 de septiembre de 2019, 109 p. Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489747/1ER\\_INFORME\\_DE\\_LABORES\\_-\\_MEDIO\\_AMBIENTE-.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489747/1ER_INFORME_DE_LABORES_-_MEDIO_AMBIENTE-.pdf) Consultada el 10 de septiembre de 2019.

<sup>170</sup> El grupo de países seleccionados para esta comparación se fijó con base en el PIB, el ingreso per cápita, el número de habitantes, y la extensión territorial. *Vid.* <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=ZJ-CL> Consultada el 15 de mayo de 2019; <http://estudioslatinoamericanos.cl/principales-economias-de-america-latina/> Consultada el 15 de mayo de 2019, y *Estudio económico de América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Versión electrónica en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43964/141/S1800837\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43964/141/S1800837_es.pdf) Consultada el 15 de mayo de 2019.

<sup>171</sup> Los porcentajes con base en los cuales haremos estas comparaciones han sido tomados del portal del Banco Mundial en el rubro de “Gasto en investigación y desarrollo”, mismos que a su vez se fincan en los

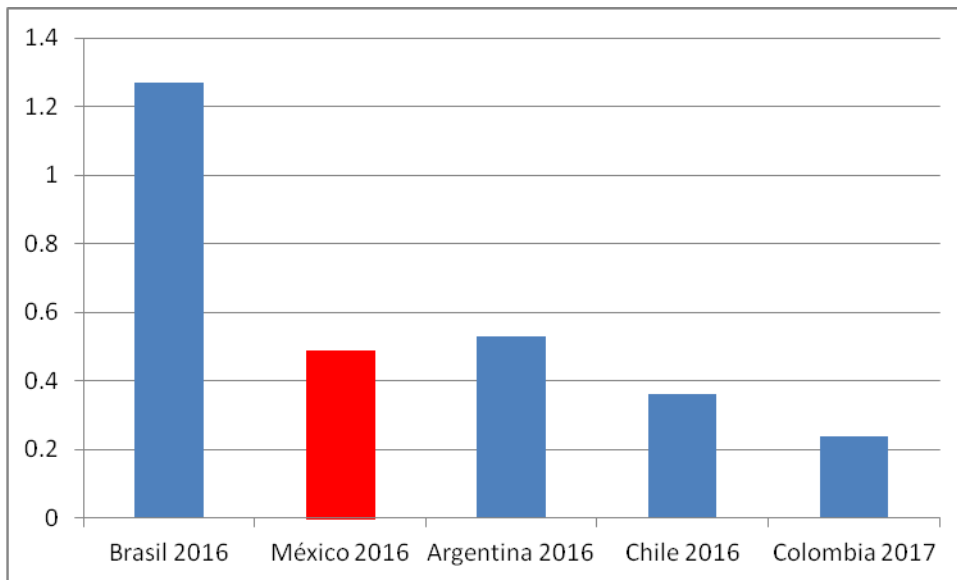


Gráfica 1. Países con mayor biodiversidad y el % del PIB que destinan a “Gasto en Investigación y Desarrollo” (GID)

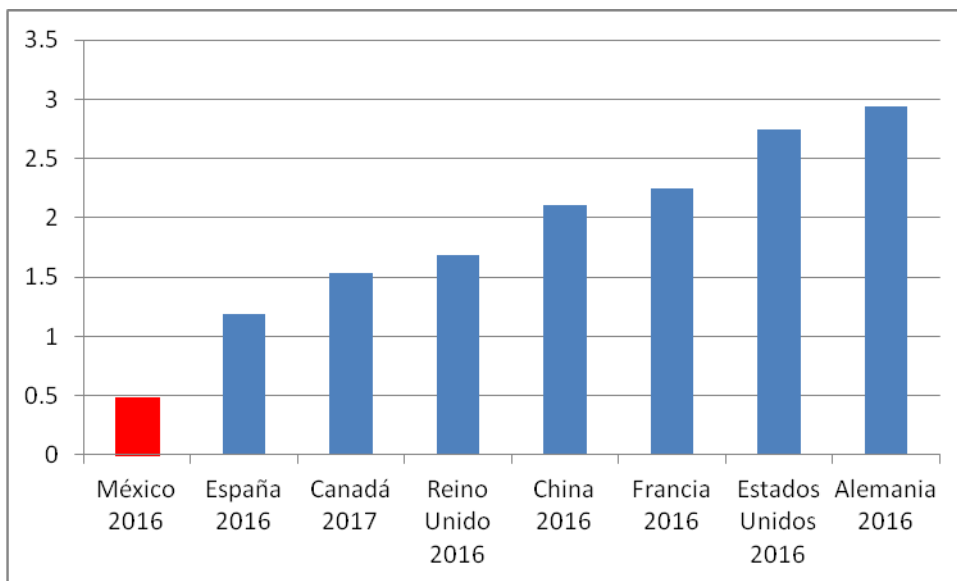


datos disponibles proporcionados por la UNESCO y de los que tomamos sólo aquellos que tenían un lustro o menos de haber sido emitidos respecto al año más reciente contemplado, esto es 2016. Vid., <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart> Consultada el 18 de mayo de 2019.

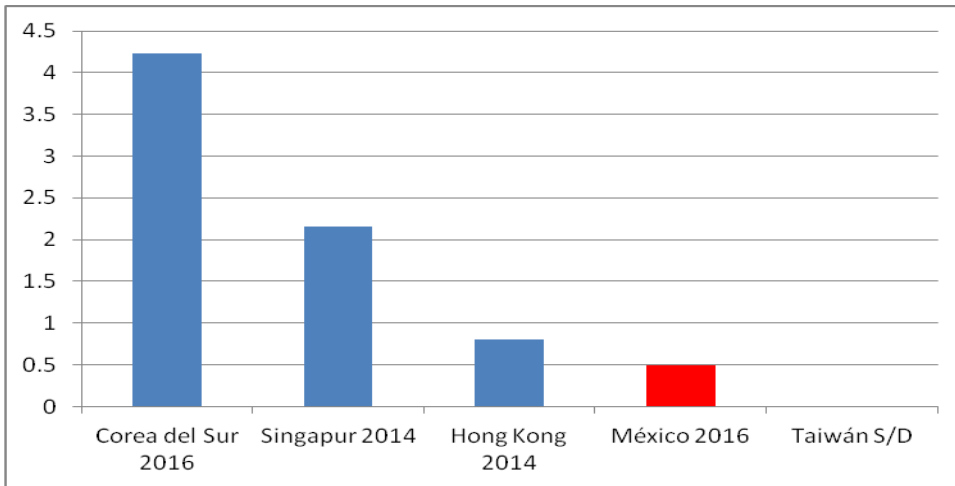
Gráfica 2. Comparativo entre México y dos países con baja biodiversidad y el % del PIB destinado a GID.



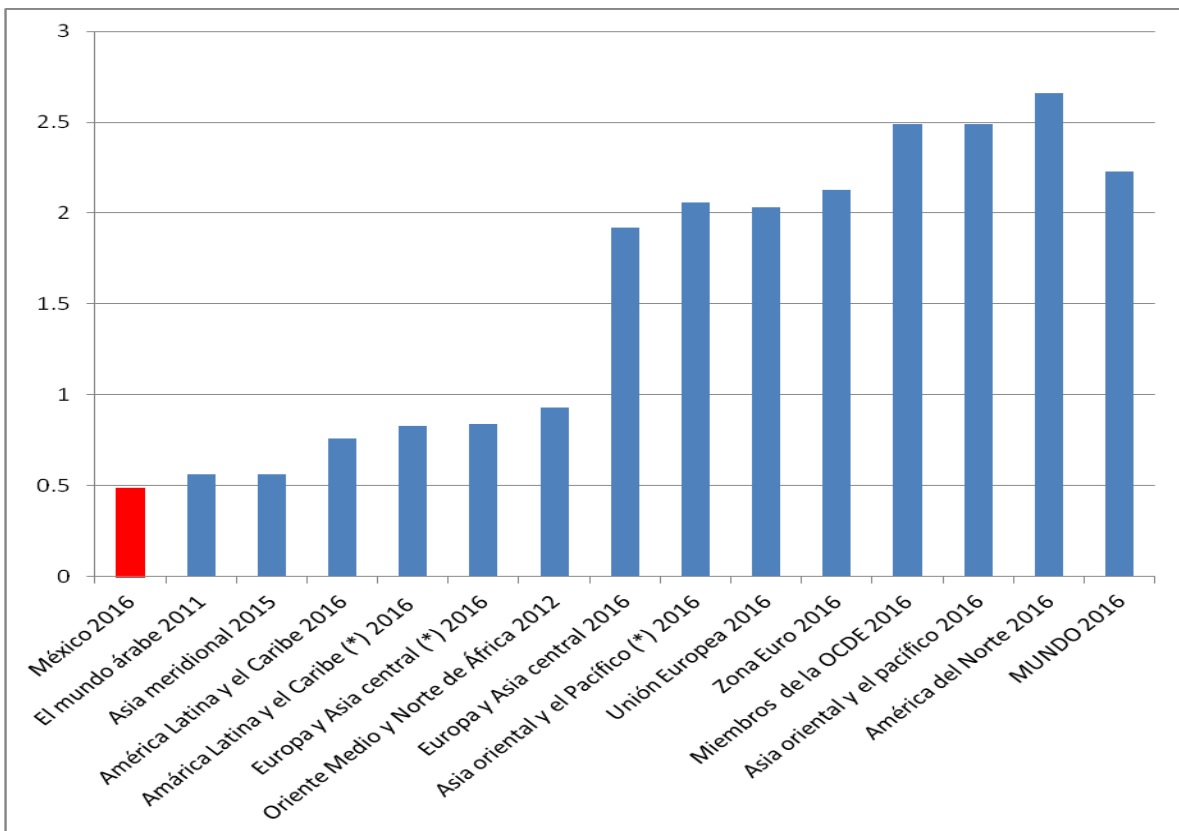
Gráfica 3. Comparativo entre las principales economías latinoamericanas y el % del PIB que cada una destina a GID.



Gráfica 4. Comparativo entre nuestro país y sus principales socios comerciales, y estados con inversiones significativas en México, con base en el % del PIB destinado a GID.



Gráfica 5. % del PIB destinado a GID por países que hacia mediados del siglo XX tenían una situación económica y social semejante.



Gráfica 6. Comparativo entre el gasto destinado a “Investigación y Desarrollo” en % del PIB, entre México y diferentes áreas económicas. (\*) Excluidos países con altos ingresos<sup>172</sup>

<sup>172</sup> Los valores reportados en la fuente consultada para las regiones América Latina y el Caribe 2016 (excluidos países ricos), establecen porcentajes de 0.76% y 0.83%, respectivamente. Vid.,

Debido a que la información con base en la cual se construyeron estas gráficas no especifica cómo y de qué se compone el GID, no podemos tener certeza en cuanto a qué proporción es la que se dedica a CyT. Empero, si se toma en cuenta que no fue sino hasta 2015, según datos del Banco Mundial<sup>173</sup>, que nuestro país rebasó el medio punto porcentual del PIB destinado a CyT, podemos pensar que los datos que hemos graficado deben ser bastante cercanos al promedio real. ¿Qué nos dicen, en conjunto, estas comparaciones? Con excepción de la gráfica en la que se confronta a México con el resto de los países considerados como megabiodiversos<sup>174</sup>, y aquella en la que se hace lo propio con las principales economías del subcontinente sudamericano -en las cuales tampoco puede presumir de una posición envidiable-, en todas las demás, nuestro país es el que destina el menor porcentaje del PIB al rubro de “Investigación y Desarrollo” (IyD).

Lo anterior confirma la poca, casi nula, importancia que se le otorga a la tecnociencia en México por parte de las agencias y autoridades gubernamentales, lo que es más que relevante pues sin una política pública para este tipo de desarrollo que rebase las necesidades inmediatas, estaremos condenados no sólo a ser importadores de bienes manufacturados de alta tecnología, sino que, tampoco seremos capaces de desarrollar nuestras propias investigaciones que tienen en el estudio de la biota mexicana una riqueza inimaginable, lo que de llevarse a cabo derivaría en la generación de una serie de beneficios sociales y económicos por demás amplios.

Si podremos cambiar esta triste situación, tan vergonzosa y lastimera, que ya hemos sostenido durante décadas, será algo que sólo el tiempo habrá de contestar. Pero la respuesta no será favorable a no ser que pongamos atención al aquí y ahora en lo que se refiere a la Bt, que es uno de los aspectos en los que se enfoca esta investigación histórica.

---

<https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart> Consultada el 18 de mayo de 2019.

<sup>173</sup> Vid., <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=MX> Consultada el 11 de noviembre de 2018.

<sup>174</sup> De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), nuestro país está considerado como uno de los “megadiversos”. Este reducido grupo de países alberga en sus respectivos territorios cerca del 70% de la diversidad mundial de especies. En cuanto al número de naciones, si bien la nuestra es una de las 5 primeras con mayor biodiversidad, la cantidad de ellas puede llegar a 12 o 17 miembros según los criterios que se sigan. Así entonces entre las primeras 12 se encuentran: Brasil, México, Colombia, Ecuador, Perú, Congo, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia y Australia; otros autores también consideran como países “megadiversos” a: Estados Unidos, Papúa Nueva Guinea, Filipinas y Venezuela. Vid., <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html> Consultada el 18 de mayo, 2019.

Aunque la situación para el desarrollo de la CyT no es realmente favorable, es imprescindible que tomemos en consideración la experiencia de algunas acciones e intentos realizados por algunas instancias gubernamentales, que han ido a contracorriente del escaso apoyo que reciben la IyD en el país. Un ejemplo de ello lo ofreció PROMEXICO, fundado en 2007, el cual mostró que incluso dentro del sector gubernamental, la Bt llega a ser altamente considerada ante las posibilidades que representa para nuestro país en diversos rubros<sup>175</sup>.

De manera general, durante su existencia, PROMÉXICO buscó coordinar las estrategias dirigidas al fortalecimiento y participación de nuestro país en la economía internacional, a través del apoyo a industrias nacionales lo mismo que por medio de acciones encaminadas a atraer la inversión de capitales foráneos<sup>176</sup>. De manera específica esta dependencia señaló que, hacia 2012, la industria biotecnológica había alcanzado un valor global cercano a los 304 mil millones de dólares. A partir de ese dato PROMÉXICO hizo hincapié en la importancia que tenía el que los países como el nuestro destinaran recursos suficientes a la IyD, al mismo tiempo que debía facilitarse el paso de la Bt que hasta ese momento se hallaba restringida al ámbito académico, para transitar a la aplicación comercial de la misma.

En el caso específico de nuestro país, se señaló que el desarrollo y comercialización de la Bt se encontraban en una fase de expansión y diversificación. Por último, a pesar de que PROMÉXICO no haya alcanzado las metas para las cuales fue creado, pienso que sería un error grave cancelar de manera definitiva las pretensiones que fueron perseguidas con él,

---

<sup>175</sup> Es indispensable anotar que al inicio del sexenio 2018-2024 tuvo lugar la desaparición de PROMÉXICO, debido a que al revisar los resultados del mismo se consideró que esta dependencia no había cumplido con las expectativas con las que fue creada. Entre los argumentos para su desaparición, en mayo de 2019, estuvo el que sus esfuerzos se encaminaron básicamente a la industria automotriz, la cual ocupó más del 80 de su atención en cuanto a presupuestos y proyectos asignados. Ahora, no debe soslayarse que si bien PROMÉXICO falló en las metas que se proponía alcanzar, es indispensable hacer una revisión de si dicho fracaso se debió a la iniciativa misma, o las deficiencias de quienes la dirigieron al momento de instrumentar las políticas de acercamiento entre los sectores académicos y empresariales, que pudieran haberse vinculado a través del desarrollo de la Bt.

<sup>176</sup> En cuanto a la visión que PROMEXICO ofertó sobre la Bt a partir de una serie de datos y estudios relevantes se sugiere la lectura de Ana Gabriela Izquierdo Tolosa y Giselle Pérez Zazueta, *Biotecnología, México, PROMÉXICO. Inversión y Comercio*, Secretaría de Economía, 2014, 28 p. Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75579/05052014\\_DS\\_Biotecnologia\\_ES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75579/05052014_DS_Biotecnologia_ES.pdf) Consultada el 4 de abril de 2019.

sin sustituirlas por otras dependencias mejor estructuradas y a las que se dé un seguimiento efectivo, a fin de lograr la convergencia entre los sectores de académicos e inversionistas en torno a la Bt.

Consideramos que lo anterior es por demás relevante porque nuestro país cuenta con una biodiversidad equivalente al 10% del total de las especies conocidas. Si a esta situación se suma que el país tiene recursos humanos altamente preparados y con costos competitivos a nivel internacional, el desarrollo de la Bt representa no sólo un activo importante para el progreso y bienestar nacional sino, de igual forma, para encontrar soluciones innovadoras a los grandes problemas que encara la humanidad entera<sup>177</sup>.

Resumiendo, hasta ahora hemos abordado, por un lado la postura que guarda el Estado Mexicano hacia el papel que la CyT tienen en el desarrollo del país; y, por el otro, el cómo dentro del propio Estado algunos organismos e instituciones no obstante las limitaciones que pueden enfrentar, ven en la Bt una amplia gama de oportunidades. Ahora entonces, ¿Qué sucede con la comunidad científica dedicada a este rubro? ¿Puede pensarse que las limitantes y desaciertos por parte del Estado hacia la IyD se reproducen en la comunidad tecnocientífica nacional? En absoluto. Sin importar cuál sea el área a la que los diferentes especialistas han dedicado sus investigaciones, no cabe duda que el consenso que prima entre ellos es señalar la importancia de impulsar a la Bt. Empero, ello no quiere decir que se mantenga una postura homogénea sobre qué se debe investigar y qué no en relación con aquella. Será a esto último a lo que ahora dirigiremos nuestra atención.

## **4.2 La biotecnología y la pluralidad de consideraciones científicas e institucionales en torno a ella**

En *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*<sup>178</sup>, Alan Chalmers plantea la interrogante del por qué la producción científica está revestida de un halo de autoridad. La respuesta en principio es sencilla: porque, con base en un método experimental específico, la ciencia conduce a resultados

---

<sup>177</sup> Ibidem.

<sup>178</sup> Chalmers, Alan F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*, 12 ed., Trad. Eulalia Pérez Sedeño y Pilar López Máñez, México, Siglo XXI, 1991, 245 p.



fiables. Ahora, también aclara que no existe método alguno en la ciencia que permita probar que las teorías científicas son verdaderas, ni siquiera probablemente verdaderas. De igual forma señala que un método, el que sea, tampoco puede refutar de manera concluyente a las teorías científicas distintas a aquella de la que proviene el método científico en cuestión.

El señalamiento realizado por Chalmers nos lleva a considerar que, independientemente del método en el cual se base la actividad científica, ésta, a pesar de ser enteramente racional tiene una paradoja implícita expresada de la siguiente manera: “Comenzamos en la confusión y acabamos en una confusión de nivel superior”. ¿Esto deriva en que el conocimiento tecnocientífico no es capaz de presentarse como fiable? En absoluto. Lo que en realidad nos muestra es que la actividad científica siempre se basa en programas de investigación sustentados por una teoría particular, que no deja de enfrentarse a teorías y programas con los que rivaliza.

La experiencia histórica nos enseña que es a partir de la confrontación de argumentos y contra argumentos, de pruebas y refutaciones, que el conocimiento científico y las prácticas inherentes a él evolucionan. Dicha evolución, por lo general, marcha de manera independiente a los valores contemplados por la axiología, incluso cuando ésta pretende o logra regular la investigación científica y sus resultados, por lo que tampoco puede esperarse que las consideraciones y consensos a los que se pueda llegar sean homogéneos. Para lograr un mejor entendimiento del por qué la falta de consenso es un elemento inherente en la biotecnología, al igual que en cualquier otra rama del conocimiento científico, conviene que revisemos los presupuestos que Imre Lakatos, también citado por A. Chalmers, ofrece sobre los programas de investigación.

Los programas de investigación se guían por la heurística en sus dos aspectos: el negativo y el positivo. El primero establece que los presupuestos básicos que conforman el núcleo de una teoría no pueden ser rechazados, ni modificados. Esto protege a dicha teoría por medio de lo que el autor denomina como un *cinturón protector*, en el que se pueden contar lo mismo hipótesis auxiliares que condiciones iniciales, u otros elementos, que preserven al programa de investigación al servir como guía para fijar la manera en que éste puede ser desarrollado una vez que se le ejecuta.

Estos programas serán progresistas o degeneradores dependiendo de si logran o no descubrir nuevos fenómenos. En lo que se refiere a la heurística positiva, ésta puede indicar la manera en que el núcleo central de una teoría puede ser mejorado -afectando con eso al cinturón protector-, a fin de tener una capacidad explicativa mayor que la faculte para predecir los fenómenos reales. Así entonces, el desarrollo de un programa de investigación requiere lo mismo de un trabajo teórico considerable, que de un programa experimental bien definido con base en dicha teoría<sup>179</sup>. Es en este punto donde podemos confrontar las diferentes posiciones que los miembros de la comunidad tecnocientífica tienen hacia la Bt.

Por su parte Steven Shapin, en coincidencia con lo señalado, apunta que al margen de los fines más idealizados con los que la ciencia pueda ser concebida, ésta no responde a una sola una voz. Por tanto, siempre nos encontraremos con posicionamientos no sólo diferentes entre sí sino, de igual forma, con otros que serán por completo antagónicos. Esto se observa frecuentemente en las discusiones en torno a si la Bt, o cuando menos algunos aspectos de ella, deben ser aceptadas o no ya sea por los propios científicos, las empresas, todo tipo de comunidades humanas y, por supuesto, los consumidores de los productos generados por aquella.

Lo que hemos expuesto se ve reflejado en las discusiones que se suscitan en los tipos de Bt que clasificamos como verde, roja y gris. En tanto que en la primera las posiciones hacia los OTG suelen ser antagónicas, para las dos últimas la postura que toman los científicos y en especial los consumidores son más variadas. Probablemente ello se deba tanto a lo que se conoce de los beneficios generados por estas ramas de la Bt, como a lo que se ignora sobre algunas de sus prácticas al igual que las causas y efectos aparejados a ellas, a saber: la experimentación en animales de laboratorio, la obediencia a las leyes del mercado para generar un OTG específico, los efectos colaterales de las actividades agropecuarias o los procesos de biorremediación, así como la creación de empleos directos e indirectos, por sólo mencionar algunos aspectos plenamente identificables. Después de todo ¿Cuántas personas pueden declararse contrarias a recibir un tratamiento médico que devenga de este tipo de investigaciones? ¿Quiénes pueden negar la necesidad imperante de aumentar la producción de alimentos? ¿Cuántas rechazarían la posibilidad de rescatar un

---

<sup>179</sup> Ibid., pp. 116-117.

nicho ecológico determinado, o el tratamiento de residuos peligrosos así como de aguas residuales?

Así entonces, la pluralidad de posturas hacia la Bt y los OTG es algo que se presenta incluso dentro de una comunidad epistémica específica, y que incluye a instituciones u organizaciones diversas. Por ejemplo, en lo que se refiere a la Bt verde investigadores como Agustín López-Munguía señalan que, lamentablemente, en nuestro país no se ha permitido que algunos de los grupos de investigación más sólidos con los que contamos en instituciones como el CINVESTAV y el CIMMYT -que han ido explorando la posibilidad de incorporar mejoras al maíz a través del técnicas de ADNr-, hayan podido establecer una comunicación más estrecha con muchos de nuestros campesinos quienes practican una agricultura distinta a la de los grandes productores, y que podrían verse beneficiados de los avances que la Bt pudiera proporcionarles. Esto, finalmente, muestra que hay un divorcio entre los centros de investigación y las necesidades de los micro y pequeños productores<sup>180</sup>.

En contraposición a estos señalamientos, otros investigadores apuntan que México tiene la capacidad de aumentar de manera extraordinaria su producción de gramíneas como el maíz y el frijol, así como de otras hortalizas y verduras sin recurrir a los OTG que, en su consideración, generan muchos más problemas que las soluciones que en principio parecen ofrecer<sup>181</sup>.

Ahora, la pluralidad de posiciones en torno a la Bt y los OTG también puede ser identificada incluso al interior de una sola organización como lo es la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Ésta, hacia el segundo lustro de la década de los 80, se mostraba entusiasmada por los anuncios de lo que podría llegar a ofrecer la "Revolución biotecnológica" en cuanto a la generación de alimentos vegetales que pudieran ayudar, específicamente, a los países del Tercer Mundo. Sin embargo, dicha organización también apuntaba que no había que soslayar dos

---

<sup>180</sup> Al respecto, López-Munguía señala que un tema que será central en los próximos lustros es la posibilidad de fijación del nitrógeno atmosférico en las plantas, lo cual sería equivalente a una nueva revolución agrícola. Lamentablemente, añade, ésta es una línea de investigación que si bien está siendo desarrollada en otros puntos del orbe, en México no se le ha puesto la atención debida. Entrevista con Agustín López-Munguía Canales, UNAM: Instituto de Biotecnología, realizada el 10 de diciembre de 2019.

<sup>181</sup> Sobre esto ofreceremos datos específicos en el capítulo 5.

elementos importantes: el primero era que, a diferencia de la Revolución verde que había antecedido a la Bt, esta última provenía más del sector privado que de las instituciones públicas<sup>182</sup>; el segundo se refería a los problemas que anunciaba el otorgamiento de patentes que privatizaban los resultados de dichas investigaciones. Ante esto la UNESCO mostraba las ventajas y desventajas de cada uno de estos tipos de agricultura<sup>183</sup>.

### Revolución verde y bio-revolución

Características	Revolución verde	Bio-revolución
Cultivos afectados	Trigo, arroz, maíz	Potencialmente, todos, incluidos las verduras, frutas, cultivos de agroexportación (por ej., palmeras aceiteras, cacao) y cultivos especiales (por ej., especies aromáticas)
Otros productos afectados	Ninguno	Productos animales y farmacéuticos, elaboración de alimentos, energía
Zonas afectadas	Algunas en ciertos países en desarrollo (por ej., tierras de alta calidad, tierras acompañadas de riego, disponibilidad de transporte, etc.	Todas, incluidas las tierras marginales (caracterizadas por sequía, la salinidad, la toxicidad por aluminio, etc.)
Desarrollo y difusión de la tecnología	En gran medida por el sector público o semipúblico	Mayormente por el sector privado (empresas multinacionales y firmas nuevas)
Propiedad	Patentes y protección de la variedad de plantas generalmente poco importantes	Procedimientos y productos patentables y protegibles
Costo financiero de la investigación	Bajo	Alto
Capacitación exigida	Reproducción tradicional de plantas y ciencias agrícolas paralelas	Especialización en biología celular y molecular, más capacitación general en producción de plantas
Cultivos desplazados	Ninguno (Excepto los recursos en germoplasma representados por las variedades tradicionales y las razas nativas)	Potencialmente, todos

Fuente: Céres, FAO/Buttel, *et. al.*

<sup>182</sup> Debe anotarse que la Revolución Verde, en realidad fue una iniciativa financiada por la Fundación Rockefeller encaminada a la apropiación del sector agrícola de los países del Tercer Mundo. Sobre un estudio crítico y fundamentado sobre dicha revolución *Ver*, Olea Franco, Adolfo, *One Century of Higher Agricultural Education and Research in Mexico (1850s-1960s), with a Preliminary Survey on the Same Subjects in the United States*, Tesis de Doctorado en el área de Historia de la ciencia, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 2001.

<sup>183</sup> Albert Sasson, “La biotecnología y el Tercer Mundo”, en *El Correo. Una ventana abierta al mundo*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Año XV, Marzo 1987, pp. 29-33. Versión electrónica en

[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000073033\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000073033_spa) Consultada el 4 de abril de 2019. El cuadro comparativo que se ofrece entre la Revolución verde y la biotecnológica proviene de este documento.

Los elementos que hemos exhibido nos muestran que la Bt despierta posiciones encontradas tanto entre los miembros de la comunidad científica, como en algunas organizaciones cuyos esfuerzos se dirigen a mitigar los efectos que sobre la humanidad tiene la falta de alimentos. Por supuesto, los desacuerdos son parte de la evolución del pensamiento científico, siempre y cuando estén basados en la investigación y en las mediciones de los resultados obtenidos, a partir de lo cual siempre es posible hacer mejoras y adaptaciones a las técnicas y aplicaciones de los OTG generados por la Bt. Sin embargo esto requiere del acuerdo de diversos actores sociales, entre los que contamos a las ONG y sobre las cuales hablaremos a continuación.

### **4.3 Las Organizaciones no Gubernamentales y su postura hacia la biotecnología y los OTG**

Al referirnos a quienes sostienen una postura no solamente crítica sino particularmente contraria a los OTG, la cantidad de fuentes de consulta es por demás vasta. Por supuesto, la vastedad no es equivalente a la verdad última, aunque no deja de llamar la atención el elevado número de voces que incluyen a académicos e investigadores por demás prestigiados, así como ONG tan conocidas como Greenpeace México, Alianza por la Salud Alimentaria (mejor conocida como “Sin Maíz no hay país”)<sup>184</sup>, y la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), entre muchas otras. A éstas se les debe reconocer su activismo dinámico que incluye no sólo pronunciamientos sino, también, una amplia labor de divulgación e incluso cierto cabildeo con el Gobierno federal en las discusiones en torno a los OTG. De este conjunto de organizaciones ofreceremos las líneas de argumentación que consideramos como las más relevantes.

Comencemos con Greenpeace. A partir del surgimiento de esta ONG a comienzos de los años 70 dicha organización fue adquiriendo tal relevancia que, actualmente, es la

---

<sup>184</sup> Esta campaña ha despertado un gran interés en algunos segmentos de la población así como la participación de más de 300 organizaciones que, unidas, han ofrecido una resistencia notable en contra de los monopolios del sector agroalimentario. El fin último de esta campaña así como de la ONG que la ha llevado a cabo durante los últimos años, se ha dirigido a buscar la protección de los recursos genéticos naturales presentes en México, incluyendo la gran variedad de maíces criollos.

Vid., <http://sinmaiznohaypais.org/Documentos/Carpeta%20Sin%20maiz%20no%20hay%20pais%20Esp%20.pdf> Consultada el 4 de abril de 2019.

ONG más importante del mundo enfocada a la defensa del medio ambiente planetario. Es por demás sabido que, a nivel internacional, cuenta con el apoyo de científicos y académicos de renombre así como de grandes segmentos de la sociedad civil y organizaciones que, en conjunto, ayudan a que cuente con un presupuesto más que considerable. Entre las estrategias que le han ayudado a tener un crecimiento e importancia tan notables está no trabajar por sí sola, sino el saber vincularse con las ONG locales en cada país que persiguen fines semejantes<sup>185</sup>.

En el caso de México, Greenpeace se ha destacado por su rechazo a la introducción, almacenamiento, comercialización y siembra de OTG. Si bien muchos de sus comunicados adolecen de datos duros que respalden los argumentos que defienden, no por ello se puede decir que los ignoren o que no cuenten con espacios en donde dicha información es ofrecida. Así entonces Greenpeace, junto a otras ONG nacionales, ha acusado públicamente a corporaciones tales como Sygenta, Pioneer-Dupont y Bayer, entre muchas otras, por los repetidos intentos que éstas han llevado a cabo para lograr la anuencia del Gobierno federal para sembrar semillas transgénicas<sup>186</sup>, entre las que destaca particularmente el maíz<sup>187</sup>.

---

<sup>185</sup> Como ejemplo de la vinculación de Greenpeace con otras ONG nacionales y comunidades originarias y de agricultores Vid., Greenpeace, “#ConsultaMaya #SalvemosLaSelvaMaya #UnidosPorLaSelva”, 15 de febrero de 2018, en

<https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1044/consultamaya-salvemoslaselvamaya-unidosporlaselva/>  
Consultada el 4 de abril de 2019.

<sup>186</sup> De acuerdo con la SAGARPA el término grano se emplea cuando el producto en cuestión es destinado para la alimentación humana y/o animal lo mismo que como materia prima para la industria. Por su parte, el término semilla indica que ésta se destina a actividades agrícolas con el fin de reproducir y multiplicar la especie o variedad de la que se trate.

Las semillas, se añade, deben conservar su viabilidad, germinación y vigor hasta el momento en que sean empleadas. Cuando pierden o reducen su capacidad para generar una nueva planta, sólo deben ser utilizadas como grano, siempre y cuando no hayan sido tratadas con productos químicos que afecten la salud humana o animal, que no hayan desarrollado compuestos tóxicos o en tanto sus cualidades alimenticias no hayan sido alteradas.

<sup>187</sup> Sin hacer menoscabo de las intenciones perseguidas por esta ONG, llama la atención la vehemencia con la que se defiende particularmente al maíz, toda vez que no es esta gramínea la que representa los principales intereses de los corporativos internacionales que han sido mencionados. De hecho, ese puesto es ocupado por el algodón, semilla cuyo centro de origen también es ubicado en México y que cuenta con el mayor número de hectáreas cultivadas y el número más alto de permisos y solicitudes en trámite para que sus variedades transgénicas puedan ser introducidas en nuestro país. Por supuesto, no es de extrañar que se dé mayor atención al maíz, no sólo por ser México su centro de origen sino, a la vez, por la importancia económica, cultural y alimentaria que representa a nivel nacional amén de ser la gramínea más cultivada y consumida en todo el orbe.

En estos señalamientos Greenpeace inclusive ha llegado a hacer acusaciones en contra de algunos funcionarios mexicanos, involucrados en la autorización para introducir estas semillas en diferentes áreas de México. De manera muy concreta, a comienzos de 2019, denunció a miembros de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), por ignorar recomendaciones hechas por la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) ante la mala gestión que los responsables aludidos hicieron sobre el manejo de los plaguicidas en nuestro país, particularmente aquellos clasificados como altamente peligrosos<sup>188</sup>.

Pasando ahora a la UCCS<sup>189</sup>, distinguimos la robustez que deviene del cuerpo que conforman sus afiliados. A diferencia de otras ONG ésta promueve una serie de programas de investigación y difusión en temas como: Agricultura y Alimentación; Arte, Ciencia y resistencia; Bosques y Selvas; Cambio Climático; Observatorio Socioambiental; y Sustentabilidad. Aunado a esto existen otras razones por las que la distinguimos: la primera es que sus argumentos sobre las desventajas de los OTG están fundamentados en lo que llamamos “datos duros” -aunque estos obedecen, claro está, a la propia interpretación que la UCCS tiene de ellos-; la segunda, es que sus conclusiones también se basan en una visión que privilegia el diálogo entre disciplinas científicas y los grupos sociales.

Lo anterior conduce a la UCCS a remarcar que la interacción a la que apela busca lograr una nueva relación entre la sociedad y la tecnociencia, a fin de reducir los riesgos y probables consecuencias dañinas sobre el ser humano y el medio ambiente que pudieran causar los OTG, lo que ha de darse con base en estudios científicos y en una regulación ética y jurídica fundada en la transdisciplinariedad<sup>190</sup>. No debe ser soslayado que entre los

---

<sup>188</sup> Vid. Angélica Simón, “CNDH recomienda a gobierno mejorar gestión de plaguicidas en México”, enero 10 de 2019, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1631/cndh-recomienda-a-gobierno-mejorar-gestion-de-plaguicidas-en-mexico/> Consultada el 4 de abril de 2019.

<sup>189</sup> Esta ONG surgió a partir de la *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (Un nuevo compromiso)*, acaecida en Budapest en 1999 con la presencia de delegados de 150 países, entre ellos México. Vid., <https://www.uccs.mx/images/library/file/folletoUCCSfinal.pdf> Consultada el 27 de abril de 2020.

<sup>190</sup> Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, Vid., <https://www.uccs.mx/> Consultada el 22 de mayo de 2019.

miembros de esta ONG se cuenta a Elena Álvarez-Buylla quien, como hemos señalado antes, ocupa la Dirección del CONACYT al tiempo que se declara contraria a los granos y semillas transgénicos particularmente de maíz, proponiendo como alternativa a su uso el rescatar y fomentar prácticas agrícolas tradicionales empleando la gran variedad de maíces criollos con los que contamos y que, con base en una serie de estudios, se piensa que ofrecen posibilidades mucho más significativas en rendimiento, calidad nutrimental y resistencia a diferentes factores que puedan afectar a las plantas antes de que éstas sean cosechadas.

En ese sentido, es difícil prever cuál será el rumbo que habrá de tomar el CONACYT en relación con los proyectos en el área de biotecnología dirigidos a los OTG; empero, dada la postura de su Directora, así como por las promesas de quien ahora encabeza al Poder Ejecutivo a nivel federal hasta 2024, podemos pensar que sin duda habrá reajustes en ese sentido que muy probablemente inconformarán a más de un miembro de la comunidad científica nacional. Por supuesto, aunque dicho debate escapa a lo que presenta esta investigación, también será conviene que ulteriormente procuremos darle algún seguimiento ya como historiadores, ya como ciudadanos<sup>191</sup>.

---

<sup>191</sup> La Historia de la ciencia contemporánea, a pesar de los aportes significativos que puede ofrecer, no está exenta de limitantes ni de problemas en el seguimiento de algunos de las dinámicas o repercusiones que se presentan en el tiempo presente. Mientras este trabajo es elaborado se ha producido una discusión entre diferentes miembros de la comunidad científica, por el apoyo o rechazo que dan a la política científica que será seguida por la administración federal. Un ejemplo que quizá se vuelva arquetípico es la discusión que en septiembre de 2019 se presentó en torno a las críticas que Antonio Lazcano hizo al Gobierno federal ante la disminución del presupuesto designado a Ciencia y Tecnología, y al propio CONACYT, por la forma en que éste ha distribuido los recursos asignados apoyando a algunos ramos de la investigación tecnocientífica, al tiempo que otros son descuidados. Ante la crítica el CONACYT señaló que el presupuesto asignado a la investigación científica nunca en la historia había sido mayor.

Al margen de las consideraciones políticas que cada quien pueda tener, en lo que se refiere al estudio de la Historia de la ciencia que abordamos aquí, tendremos que esperar un poco para contar con las mediciones oficiales para saber si las decisiones que se han tomado a nivel federal han sido acertadas, o si deben ser corregidas. Antes de que termine el sexenio en curso tendremos la información quinquenal que nos permitirá hacer las comparaciones pertinentes con lo sucedido en periodos anteriores. Debemos insistir que esta espera es una de las limitantes que nos impone nuestro objeto de estudio; sin embargo, también debemos remarcar que la disponibilidad casi inmediata de información nos facultará para dar seguimiento a esta situación sin que deban mediar para ello algunos años, lustros o incluso décadas.



#### 4.4 Los gobiernos ante la biotecnología y los acuerdos internacionales

En este apartado mostraremos que las discusiones a las que nos hemos referido rebasan, por mucho, el ámbito nacional. De nueva cuenta las posibles fuentes de consulta son inabarcables, pero nos centraremos en algunas que reflejan este malestar en el ámbito geográfico y económico de América del Norte, esto es en Estados Unidos, Canadá y México.

Iniciemos con la Unión Americana. No obstante que es en este país donde las fuerzas del mercado rigen, quizá como en ningún otro lugar del planeta, las decisiones en materias como la economía, la salud y el medio ambiente, ello está lejos de significar que no existan análisis en los que se muestren las bondades así como los riesgos de los OTG, y cuál ha sido la percepción y reacción de los ciudadanos hacia ellos en tanto consumidores.

Por ejemplo, en 2001 Kurt Buechle en “The Great Promise of Genetically Modified Organisms: Overcoming Fear, Misconceptions, and the Cartagena Protocol on Biosafety”<sup>192</sup>, explicaba que la biotecnología moderna era la llave para la solución de muchos problemas medio ambientales así como de salud humana. Para ese año, la superficie total cultivada con OTG en varios países era casi equivalente a la extensión territorial del Reino Unido<sup>193</sup>. También señaló que para comienzos del nuevo milenio la Bt ya había estado sujeta, por más de 25 años<sup>194</sup>, a un escrupuloso escrutinio en el que se

---

<sup>192</sup> Kurt Buechle, “The Great Promise of Genetically Modified Organisms: Overcoming Fear, Misconceptions, and the Cartagena Protocol on Biosafety”, en *Indiana Journal of Global Legal Studies*, Vol. 9, No. 1. Symposium: Sustainable Development, Agriculture, and the Challenge of Genetically Modified Organisms (Fall, 2001), pp. 283-324 Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/20643828> Consultada el 25 de abril de 2019.

<sup>193</sup> La superficie británica es equivalente a casi 24.5 millones de ha. Para 2018, el el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA por sus siglas en inglés), señaló que las superficies cultivadas con OTG a nivel global sumaban 191.7 millones de hectáreas, lo que representaba un aumento equivalente a más del 780% con respecto a 2001. En informe previo, emitido en 2015, el ISAAA señaló que dicha superficie era de de 181.1 millones de hectáreas, esto es 5.5% menos que en 2018, siendo los principales países: Estados Unidos, Brasil y Argentina, con 73.1, 42.2 y 24.3 millones de ha. respectivamente. *Vid.*, <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pressrelease/pdf/B49-PressRelease-Spanish.pdf> Consultada el 24 de noviembre 2019; *Vid.*, “Global status of commercialized biotech/GM crops: 2018”, en <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/infographic/default.asp> Consultada el 24 de noviembre de 2019.

<sup>194</sup> Esto mismo también ha sido señalado por investigadores como Agustín López Munguía para el caso de México. Apunte tomado en el curso “Bioética y Biotecnología”, Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM, 22 al 26 de julio de 2019. De igual forma el CONACYT, a través de uno de sus portales electrónicos ofrece información en la que se señala que el cultivo de algunos OTG en territorio nacional fue autorizado hace más de 20 años.

planteó la evaluación de riesgos como algo indispensable para su desarrollo, destacando que hasta ese momento (2001) no habían sido reportados daños en las áreas donde estos OTG habían sido liberados.

Sin embargo, para aquél entonces la carencia de datos que mostraran alguna afectación al medio ambiente o a la salud humana causada por los OTG, no eliminaba la preocupación que generaba su liberación y crecimiento en áreas en las que nunca antes habían estado presentes, lo cual era y sigue siendo un asunto que genera preocupación a nivel global. Por desgracia, apuntaba Buechle, tampoco escaseaban los pesimistas y activistas quienes buscaban limitar severamente, o prohibir del todo, los productos que se obtenían de los organismos genéticamente modificados.

Entre los elementos que esgrimía este autor para criticar a quienes se oponían contundentemente a los OTG, estaba el desconocimiento tanto de los beneficios como de los riesgos inherentes a ellos, particularmente en lo que se refería a la salud humana<sup>195</sup>. No obstante, apuntaba que si los principios precautorios indispensables eran considerados y aplicados, se podía conjurar cualquier problema grave. Confrontando lo expuesto por Buechle en 2001, debemos señalar durante la elaboración de este trabajo ya se contaba con algunas evidencias de que la presencia de los OTG no es por completo inocua; sin embargo, los datos disponibles tampoco muestran que los temores provocados por la posible contaminación del ADN de muchos organismos, a través de la combinación cruzada, necesariamente nos conducirán a la pérdida de especies y ecosistemas<sup>196</sup>.

---

Vid., <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/cibiogem/preguntas-frecuentes> Consultada el 24 de noviembre de 2019.

<sup>195</sup> En un artículo posterior cuya autoría corresponde a Patrick A. Stewart y William P. McLean, se mostró que para mediados de la primera década del nuevo milenio, en Estados Unidos buena parte de la población continuaba ignorando los beneficios que podía ofrecer la agricultura de “tercera generación”, lo que incluía una menor cantidad de sustancias químicas que afectan a la salud humana y a los ecosistemas. Vid., Patric A. Stewart and William P. McLean, “Public opinion toward the first, second and third generations of plant biotechnology”, in *Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*, 41: 718-724, November-December 2005. Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/4293924> Consultada el 25 de abril de 2019.

<sup>196</sup> Conviene mencionar que a diferencia de algunos investigadores y de lo que señala la bibliografía disponible, Uriel Urquiza apunta que no puede tomarse como argumentos enteramente confiables, a aquellos que afirman la inexistencia de datos sobre las afectaciones medioambientales por el uso de OTG, particularmente en lo que se refiere a la pérdida de biodiversidad. Esto es observable, por ejemplo, en las áreas agrícolas que obedecen a esquemas en los que se apuesta por los monocultivos. Entrevista con Uriel Urquiza García, Laboratorio de Biología Sintética, Universidad de Düsseldorf, Alemania, 27 de abril de 2020.

La falta de evidencias, hay que anotar, también obedece a que la propia Bt ha avanzado incorporando a los OTG una serie de mecanismos que, en principio, pueden controlar su crecimiento y propagación. Otro elemento a considerar es que a pesar del nivel de participación de la ciudadanía estadounidense, para 2013, ésta no había provocado que a nivel federal las autoridades hubieran establecido una regulación más estricta en torno al etiquetado de los productos elaborados con OTG y que, en realidad, lo alcanzado en ese sentido obedecía más a las estrategias seguidas por las compañías productoras de tales alimentos que a una regulación federal<sup>197</sup>.

Mientras tanto, ¿qué ocurría en otras latitudes del norte del Continente Americano? Una respuesta la ofrece Edit Antal quien llevó a cabo un estudio en el que engarzó elementos propios de la economía política, el estudio social de la ciencia, la tecnología y la democracia deliberativa, por demás útiles para el abordaje de la biotecnología a partir de la Historia de la ciencia<sup>198</sup>. En este artículo la autora señaló que la regulación de los organismos genéticamente modificados ha sido objeto de discusión en todo el mundo y, como es de esperarse, las posturas en torno al tema son por demás diversas. En uno de los extremos se encontraba Estados Unidos, país que ha tendido hacia la aceptación total de los OTG, y en el otro estaban Europa y Japón, quienes se inclinaban hacia el rechazo.

De manera específica, Edit Antal centró su discusión en el debate polarizado que los OTG provocaron hacia 2008 en Canadá y México, como miembros del TLCAN. ¿Qué nos ofrece en general la lectura de esta autora? Por una parte, que los debates sociales en torno a los OTG tuvieron lugar solamente una vez que el TLCAN entró en vigor, no obstante que estos ya habían sido parcialmente regulados con anterioridad. Por la otra, que la tecnología se traduce en políticas, interpretaciones y actitudes sociales distintas y específicas en cada caso.

---

<sup>197</sup> Vid., Anton E. Wohlers, “Perspective. Labeling of genetically modified food. Closer to reality in the United states?”, *Politics and the Life Sciences*, Spring 2013, Vol. 32, No. 1, pp. 73-84. Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/43287269> Consultada el 25 de abril de 2019.

<sup>198</sup> Edit Antal, “Interacción entre política, ciencia y sociedad en biotecnología. La regulación de los organismos genéticamente modificados en Canadá y México”, en *Norteamérica*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Año 3, número 1, enero-junio de 2008: pp. 11-63. Versión electrónica en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-35502008000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502008000100002) Consultada el 4 de abril de 2019.

En lo tocante al país de la hoja maple, su gobierno está por demás comprometido con el desarrollo de la Bt y ha invertido cuantiosos recursos para desarrollarla, llevando a Canadá a ser uno de los líderes globales en la materia. Sin embargo, al interior de dicho país los consumidores expuestos a los alimentos genéticamente modificados, incluyendo los agricultores, manifestaban una creciente aversión hacia dicha tecnología. En cuanto a México, que en realidad no produce este tipo de alimentos siendo un importador neto de los mismos, también existe un rechazo. Las soluciones a las que llegó cada nación han sido por completo distintas, lo que puede entenderse con mayor facilidad desde el punto de vista de la economía política, toda vez que para ésta la Bt ha modificado la relación entre las empresas transnacionales y el Estado.

Para el caso de Canadá la solución se ha dirigido a intentar capacitar a los sectores involucrados en las actividades agrícolas, para que estos logren asentarse en otros nichos de mercado cambiando su producción, como lo ha sido en el caso de la Canola. En México, en cambio, el abandono progresivo del sector agrícola desde finales de los años 80 no ha otorgado las mismas oportunidades a quienes laboran en dicho sector, ello por no hablar de las condiciones por demás diferentes a las que se presentan con Canadá en materia económica, legislativa y judicial. De hecho para 2008, si bien el desarrollo de la Bt en ese país consumía grandes recursos en el área de la agricultura y en el procesamiento de alimentos, los resultados ya generaban ganancias elevadas.

Así entonces, mientras que para finales de la primera década del nuevo milenio el país más septentrional del continente se colocaba como el segundo más importante en Bt a nivel mundial, en México, en cambio, el desarrollo de la misma ha sido muy pobre. A esto se añade que, a diferencia de su par Canadiense, en nuestro país la aplicación de leyes en torno a la Bt, la más de las veces, deja mucho qué desear tal y como lo muestran diversos pronunciamientos que al respecto ha hecho Greenpeace, amén de una exclusión casi completa de los grandes conglomerados sociales que, pese a su número, carecen de fuerza e importancia para la toma de decisiones en esta materia<sup>199</sup>.

---

<sup>199</sup> El hecho de considerar que en las decisiones referentes al desarrollo y aplicación de la Bt, los grupos y/o grandes conglomerados sociales deban o puedan incidir en las decisiones que se tomen, es un tema que genera discusiones muy amplias y sobre lo cual ofreceré mi propia postura en el siguiente capítulo.

Ante posturas tan divergentes lo que idealmente debiera prevalecer son el diálogo y algún tipo de consenso. Sin embargo, entre la vastedad de fuentes que pueden ser consultadas, muy pocas de ellas se decantan por una posición intermedia en la que se busque conciliar tanto a los beneficios como a los riesgos que acompañan a la Bt. En ese sentido hay que señalar que ésta es la postura prevaleciente en algunos documentos elaborados por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), lo cual no es de extrañar por el papel que dicha organización otorga al intercambio comercial entre los países, y que tiene a los OTG como un activo por demás valioso.

En concordancia con lo anterior es pertinente anotar que la OCDE señala que como resultado del rechazo a los OTG el comercio internacional, que en última instancia beneficia a todos los involucrados, se ha visto entorpecido lo que de acuerdo con la organización obliga a tomar acciones encaminadas a que tal repulsa vaya disminuyendo con el tiempo. Por supuesto, la desconfianza en torno a los OTG no es homogénea ni hacia todos ellos ni hacia los productos que estos ayudan a generar. Por ejemplo, el repudio a los granos y semillas destinados para el consumo humano no es el mismo que para aquellos destinados a la elaboración de fármacos; lo mismo sucede con los diferentes tipos de biocombustibles e incluso con las alternativas encaminadas a la biorremediación de diferentes espacios, ya sea para que éstos sean recuperados a fin de tratar de restablecer los ecosistemas o para que se les destine a usos antrópicos.

Aunque la postura de la OCDE se dirige principalmente a fomentar el intercambio comercial, es por demás notable que ella se refiera explícitamente al papel que deben desempeñar, conjuntamente en cada país, los capitales privados y los del sector público a fin de que la investigación Bt no se enfrente ni a la falta de recursos, ni a la falta de incentivos para su desarrollo. En otras palabras, esto significa que la colaboración entre el ámbito empresarial y el gubernamental es tan necesaria como conveniente.<sup>200</sup>

Como parte de sus análisis la organización hace una referencia específica a lo que es The Ecogenomics Consortium -establecido en 2003 y co-fundado por el Gobierno Holandés y otros actores pertenecientes a la iniciativa privada así como por representantes

---

<sup>200</sup> Vid., Mazzucato, María, *Op. cit.*

de la ciudadanía-, cuya meta principal es buscar tecnologías basadas en la genómica para lograr el uso sustentable de suelos y ecosistemas, tanto para la agricultura como para otros usos humanos. Entre los elementos que distinguen a este consorcio está que los trabajos que realiza deben obedecer a una colaboración interdisciplinaria, cuyos resultados deriven en el desarrollo de productos que ayuden a resolver problemas sociales de manera efectiva<sup>201</sup>. Buscando emular la conveniencia de tomar en consideración todos los puntos de vista que sea posible, tal y como sucede en los Países Bajos, ahora nos dirigiremos a revisar cuál es la percepción que se tiene sobre la ciencia y la tecnología en México.

#### **4.5 Percepción de la biotecnología en México entre la ciudadanía en general y la Iglesia Católica**

De acuerdo con la encuesta “Percepción sobre ciencia y tecnología 2015-2017” (PsCyT), ejecutada por el INEGI, y con el “Comunicado de prensa núm. 272/18” (C.272/18)<sup>202</sup> emitido conjuntamente por el CONACYT y el INEGI, los datos sobre cuál es la consideración que tiene el ciudadano común sobre la ciencia y la tecnología, así como sus principales intereses en la materia y la forma en que suele informarse al respecto revelan, en principio, que la atracción que despiertan la ciencia y la tecnología es altamente considerable. Ambos documentos, hay que señalar, se basan principalmente en la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México (ENPECYT), levantada en 2017. Empero, como todas las mediciones e informes estos no dejan de presentar algunas inconsistencias y disparidades. Por ejemplo, en cuanto al interés que despiertan la CyT, mientras que la PsCyT señala que el porcentaje de la población

---

<sup>201</sup> *Vid.*, OECD (2013-04-10) “Biotechnology for the Environment in the Future. Science, Technology and Policy”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 3, OECD Publishing Paris. Versión electrónica en

<http://dx.doi.org/10.1787/5k4840hqhp7j-en> Consultada el 4 de abril de 2019. Si se busca una mejor comprensión del papel que juega dicho consorcio y la forma en que éste es manejado se sugiere la lectura de Bijker, Wiebe E., *et. al.*, *The Paradox of Scientific Authority. The role of scientific advice in democracies*, London, The MIT Press, 2009, 223 p.

<sup>202</sup> *Vid.*, [www.inegi.org.mx/temas/pecyt](http://www.inegi.org.mx/temas/pecyt)

y [https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT\\_2017.pdf](https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT_2017.pdf) Consultadas el 25 de abril de 2019. Ambas mediciones ofrecían los datos más recientes disponibles al momento de redactar estas líneas, teniendo entre sus propósitos el ponderar el conocimiento, entendimiento y la opinión de las personas de 18 años o más que habitan en nuestro país, respecto a la CyT.

interesada en los desarrollos científicos y tecnológicos alcanza el 82.4%, el C.272/18 lo elevaba al 92.2%.

Ambas mediciones incluyen la consideración que se tiene de 17 profesionistas entre los que destacamos, específicamente, a investigadores, ingenieros e inventores. Nuestra distinción se basa en que estos son quienes se acercan más a las actividades tecnocientíficas y biotecnológicas; sin embargo, ninguna de las mediciones establece a qué área específica dirige su quehacer cada uno de esos profesionistas, a lo que se suma que la forma en que cada ejercicio los evaluó es distinta. Así entonces, mientras la PsCyT ofrece una calificación en la que ingenieros, inventores e investigadores reciben un puntaje promedio de 8.1, 9 y 8.7 respectivamente, lo que ofrece el C.272/18 es el porcentaje de la población que calificó con 10 el desempeño de estas profesiones en términos de respetabilidad. De esto resultó que los ingenieros, inventores e investigadores obtuvieron en dicha evaluación porcentajes de 18.3%, 48.4% y 34.6% respectivamente.

¿Cuáles son los temas en CyT que despiertan mayor interés entre la población? En este caso ambos documentos son coincidentes al señalar que, en relación con las actividades más cercanas a nuestro objeto de estudio, los desarrollos científicos y tecnológicos que más llaman a la ciudadanía son: Medicina o Ciencias de la Salud 74.3%, Biología o Química 46.3%, Ciencias Físico- Matemáticas o Ciencias de la Tierra 47.3%, Biotecnología o Ciencias Agropecuarias 38.3% e Ingenierías 38%<sup>203</sup>.

Ahora nos centraremos únicamente en el C.272/18, debido a que ofrece una mayor cantidad de mediciones amén de ser más claro en cuanto a la metodología empleada para la obtención de los datos que proporciona. Por ejemplo, a preguntas expresas como si es necesaria una mayor inversión gubernamental para el impulso de la investigación científica, el 92.2% de los entrevistados respondió afirmativamente, aunque con diferentes grados de aceptación. Sin embargo, en lo que se refiere a la libertad con la que deben trabajar los científicos y qué tipo de poder ejercen, el 89.1% de los encuestados consideró que los científicos deben contar con libertad al llevar a cabo sus investigaciones, siempre y cuando

---

<sup>203</sup> Para nuestro consuelo como historiadores mencionemos que el interés de la población en las áreas de Humanidades o Ciencias de la Conducta y en Ciencias Sociales, alcanza los porcentajes de 62.2% y 60.8% respectivamente.

lo hagan obedeciendo a normas éticas; sobre qué tipo de poder pueden alcanzar y ejercer los hombres y mujeres de ciencia, el 45.8% de los interrogados consideró que los investigadores tienen un poder que los hace peligrosos.

Otro reactivo interesante, por su importancia en las prácticas médicas, es el relacionado con la clonación. Sobre ésta el 30.7% de las personas estuvo de acuerdo en que se aplique para la reproducción de algunos animales, en tanto el 69.3% restante se declaró en contra. Ampliando estas discusiones el 79.8% aceptó que la clonación se utilice para la reproducción de órganos y tejidos humanos, encaminados a la realización de trasplantes quirúrgicos. Sobre esto último el porcentaje que se declaró en contra fue de 20.2 %.

Con base en estas mediciones, en principio, no puede negarse que la percepción de la ciencia y la tecnología entre la población del país es más que positiva, incluso podría decirse que esperanzadora. Sin embargo, es en la propia metodología con base en la cual se llevaron a cabo las mediciones que debemos mostrar cautela, por las carencias inherentes a dichos estudios. Por ejemplo, quizá la más importante radica en el tipo de personas fueron seleccionadas para conformar la muestra. La ENPECYT 2017 se llevó a cabo en 3,200 viviendas distribuidas en las 32 áreas urbanas más pobladas del país, cuyo número de habitantes no era menor a 100 mil. En ellas se aplicó una entrevista con diferentes reactivos a un miembro del hogar cuya edad mínima fuera de 18 años.

Por su parte el C.272/18 al preguntar a los entrevistados cómo es que éstos se informaban sobre los descubrimientos y avances tecnocientíficos, la respuesta fue que lo hacían través de la televisión, la radio, periódicos y revistas en los siguientes porcentajes respectivos: 26.6%, 9.7%, 43.8% y 48.7%. Otro elemento que también debe ser considerado es que en el grupo que conformó la muestra, sólo el 37% aceptó que consulta algún medio de comunicación. Todo esto indica una serie de inconsistencias importantes en estos sondeos.

Pero la crítica principal que aquí se establece está en que los entrevistados solamente pertenecen al medio urbano, lo que dejó fuera de las encuestas a más del 22% de la población. Si bien en el C.272/18 no se especifica el nivel educativo de los entrevistados, no puede soslayarse que la percepción de la vida en general, incluyendo la CyT, es por



demás diferente en el medio rural que en las ciudades aún siendo pequeñas. De igual forma el estudio parte de una consideración que homogeniza a quienes fueron interrogados, al tiempo que los propios reactivos son tan generales que es difícil lograr una interpretación más cercana a la realidad.

Pensamos que lo que nos ofrecen estas mediciones termina siendo una versión, quizá, bastante idealizada sobre cuál es la percepción que en promedio tienen los habitantes de nuestro país sobre la CyT, así como sobre quiénes la desarrollan e instrumentan<sup>204</sup>. A lo anterior también añadimos la ausencia de un actor social por demás trascendente: la Iglesia Católica.

Por supuesto es indispensable aclarar por qué se considera en esta investigación a la Iglesia Católica y no a otras religiones. Nos basamos en dos criterios: el primero de ellos es demográfico y tiene como base la información proporcionada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). De acuerdo con éste los últimos datos disponibles, correspondientes al censo poblacional de 2010, señalan que alrededor de 84 millones de habitantes profesaba esta fe, esto es más del 85% de la población<sup>205</sup>. En segundo término, elegir a esta iglesia no sólo obedece a una cuestión de números, importante por sí misma.

---

<sup>204</sup> Para dar evidencia de algunas de las carencias que tiene la ENPECYT 2017 daremos un dato ofrecido por José Antonio de la Peña quien, en 2005, señaló que al hablar sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología en nuestro país, las mediciones reflejaban que la ciencia gozaba de una credibilidad sin precedentes y que la inmensa mayoría de la población valoraba positivamente los descubrimientos y avances que "... configuran, más que ninguna otra cosa, la mentalidad del hombre moderno."

No obstante, el autor tuvo el acierto de mostrar que así como la ciencia gozaba de una credibilidad sin precedentes, también padecía de una impopularidad nunca antes alcanzada por el conocimiento que la población tenía de algunos trastornos provocados por hechos históricos y científicos, como la existencia y detonación de armas nucleares y a la de organismos genéticamente modificados, entre otros descubrimientos. A ello se sumaba que en un ejercicio llevado en la Ciudad de México, el 77% de las personas creía en la astrología y 38% en las brujas. En este artículo se mostró que si bien la ciencia es altamente apreciada, tampoco puede ignorarse que ésta es poco conocida y que, a nivel mundial, padecía de una falta de apoyo por la mayoría de los gobiernos. Vid., José Antonio de la Peña, "La percepción pública de la ciencia en México", en *Ciencias*, Núm. 78, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias, abril-junio 2005, pp. 30-36. Versión electrónica en <https://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/78/CNS07804.pdf> Consultada el 25 de abril de 2019.

<sup>205</sup> <https://www.inegi.org.mx/temas/religion> Consultada el 11 de septiembre de 2019. Los datos corresponden al último censo poblacional de 2010. Si bien cada lustro se lleva a cabo una Encuesta Intercensal (EIC), los datos obtenidos por éstas al ser estimaciones que se comparan con la serie censal, no son enteramente reflejados en los tabuladores ofrecidos por el INEGI. En lo que se refiere al número de habitantes la EIC correspondiente 2015, estimó que la población total del país rondaba los 120 millones de habitantes. Vid., [inegi.org.mx/temas/estructura](https://www.inegi.org.mx/temas/estructura) Consultada el 11 de septiembre de 2019.

También responde al hecho de que, a diferencia de otras manifestaciones de la cristiandad, la católica es sumamente permeable a las prácticas médicas en su espectro más amplio así como a la aceptación de otros productos generados por la Bt<sup>206</sup>, lo cual no significa que entre parte de su feligresía dejen de presentarse posturas marcadas por un rechazo recalcitrante hacia estas prácticas y productos.

Vale la pena señalar que, a pesar de rechazos como el que se menciona, la Iglesia Católica cuenta con espacios y foros de discusión ampliamente reconocidos. En ese tenor destacamos a *the Pontifical Academy of Sciences*<sup>207</sup>, en donde se abordan diferentes aspectos de los descubrimientos y prácticas médicas así como biotecnológicas, y cómo es que estos pueden ser difundidos y divulgados, en tanto no contraríen los fundamentos de dicha religión.

Ahora, regresando al criterio dogmático, al establecer una relación entre éste y la religiosidad de las personas, también debemos considerar la distribución de los habitantes de nuestro país entre las áreas rurales y las urbanas. Esto es de particular importancia porque la religión influye de manera distinta en las prácticas, usos y costumbres de cada ámbito, lo que nos obliga a establecer las características principales de cada uno de ambos espacios.

El criterio que define cuándo hablamos de un espacio urbano y cuándo de uno rural, se basa en el número de habitantes. Las áreas rurales son consideradas como tales si éstas no sobrepasan los 2,500 individuos y en ellas, para 2010, habitaba el 22.2% de la población nacional<sup>208</sup>. Lo anterior es relevante para nuestros fines en virtud de que si bien no todos los habitantes de cada una de estas zonas se dedican por entero a la agricultura

---

<sup>206</sup> De hecho, la propia Iglesia Católica desde hace tiempo lleva a cabo foros de discusión y debate en torno a la ciencia y la tecnología en general. Pero yendo más allá de estos espacios, hay que reconocer en la propia historia de esta institución una orden en particular, la de los Jesuitas, ha destacado por su acercamiento a las prácticas y conocimientos científicos así como a los del modo de producción capitalista, incluso antes de que nuestro país alcanzara su emancipación en el siglo XIX.

<sup>207</sup> Vid., <http://www.pas.va/content/accademia/en.html> Consultada el 26 de junio de 2019.

<sup>208</sup> [http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P) Consultado el 11 de septiembre de 2019. Cfr. Con el hecho de que algunos investigadores contemplan la existencia de áreas semi-urbanas las cuales están constituidas por un número no mayor a los 15 mil individuos.

(no existen datos tan específicos al respecto<sup>209</sup>), es evidente que es en ellas en donde los saberes tradicionales y las prácticas agrícolas asociadas a la religiosidad, que ha penetrado en nuestra historia desde el siglo XVI, son más vulnerables no sólo a la presencia de OTG sino, también, a los insumos que requieren las actividades agropecuarias particularmente herbicidas y fertilizantes, así como a la contaminación génica causada por los diversos mecanismos con los que cuenta la naturaleza para la difusión del genoma de las especies vegetales.<sup>210</sup> Esto es un elemento importante que debe ser tomado en consideración, dado que es en estas áreas en donde el germoplasma de granos y semillas se ha obtenido a lo largo del tiempo con base en técnicas de hibridación ancestrales.

Por su parte, en las áreas urbanas pueden desarrollarse distintas actividades agropecuarias con una diferencia nodal con respecto a los espacios rurales. Ésta es que en las primeras se concentran los capitales e infraestructura de inversionistas e industriales agropecuarios quienes, al obedecer a la lógica de mercado, pueden encontrar en las semillas transgénicas alternativas más atractivas y acordes a sus intereses, usos y costumbres, por demás diferentes a las que priman en las áreas rurales y que incluyen a las festividades religiosas, muchas de las cuales están asociadas a las prácticas agrícolas.

Podemos señalar que las religiones están involucradas -a diferentes niveles y dependiendo de la sociedad y del espacio geográfico que se estudie-, con la aceptación o el rechazo no sólo de los granos y semillas transgénicos sino, también, de la biotecnología en general. Éste por sí solo es un tema que merece un estudio independiente; empero aquí trataremos únicamente de esbozar la postura de la Iglesia Católica.

---

<sup>209</sup> Con base en datos del INEGI, en nuestro país 5.5 millones de personas, de 15 años de edad o más, se dedican a las actividades agrícolas. Sin embargo, debe anotarse que las actividades en dicho sector son por demás variadas y que el nivel educativo relacionado a cada una no es en absoluto homogéneo.

Vid., “En México, hay 5.5 millones de personas dedicadas al trabajo agrícola: INEGI” *Inforural*, 12 de mayo de 2016, en <https://www.inforural.com.mx/mexico-5-5-millones-personas-dedicadas-al-trabajo-agricola-inegi/> Consultado el 11 de septiembre 2019. Esta información debe ser confrontada con el hecho de que tampoco existen datos específicos sobre cuál es el porcentaje de hablantes de lengua indígena que se dedica a estas actividades. Sobre esto último la información asequible señala que al hablar de etnicidad, para 2015, el 21.5% de la población se consideraba indígena mientras el 15.9% sólo en parte

Vid., <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados> Consultada el 11 de septiembre de 2019.

<sup>210</sup> Haciendo a un lado la valoración que merece cada caso de estudio, conviene recordar que ha sido en muchos de estos espacios en los que las ONG y los grupos de campesinos y científicos, que se oponen a los granos y semillas transgénicos, han logrado colaboraciones notablemente exitosas.

Al igual que entre los miembros de la comunidad científica, en esta fe no existe una postura homogénea en torno a la aceptación o rechazo de la biotecnología, con salvedad de aquella que tiene qué ver con el uso de células embrionarias o fetales, en lo que el rechazo es unánime por considerar que la vida humana es inviolable desde el momento de la concepción<sup>211</sup>. Como es de esperarse, cuanto más tradicional es la postura de algunos segmentos de la Iglesia o de su comunidad de fieles, la posición hacia la Bt en general tiende hacia el rechazo parcial y/o total llegando incluso a mostrarse contraria, por ejemplo, a las técnicas de reproducción asistida bajo el argumento de que un hijo debe ser concebido y no producido<sup>212</sup>. En relación a esto vale la pena añadir que incluso en los ámbitos de la laicidad del Estado, algunas prácticas biotecnológicas en las que se ve involucrada la maternidad subrogada aún no han sido plenamente estudiadas ni desarrolladas<sup>213</sup>.

Ahora bien, incluso en algunas de las declaraciones emitidas por la Santa Sede, la Iglesia no deja de contemplar que la Bt ofrece alternativas que deben ser ponderadas ya se trate de terapias génicas o del uso de OTG, particularmente granos y semillas. Sobre este tipo de discusiones vale la pena hacer referencia específica a un debate sostenido por miembros de la orden de los Jesuitas en 2003, en el que los participantes ofrecieron sus puntos de vista sobre la aplicación de OTG en la agricultura, sin desconocer que la Bt está en la capacidad de ayudar a resolver una serie de problemas formidables de índole alimentaria, medioambiental y de salud a los que se enfrenta la humanidad<sup>214</sup>.

---

<sup>211</sup> “Discurso del Santo Padre Juan Pablo II a la Asamblea General de la Asociación Médica Mundial, 29 de octubre de 1983”, Versión electrónica en [https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/es/speeches/1983/october/documents/hf\\_jp-ii\\_spe\\_19831029\\_ass-medica-mondiale.pdf](https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/es/speeches/1983/october/documents/hf_jp-ii_spe_19831029_ass-medica-mondiale.pdf) Consultada el 14 de septiembre de 2019; “Conclusioni del congresso europeo dei movimenti per la vita (granada, 7-9 aprile 2000), en *Bollettino, Sala stampa della Santa Sede* (Oficina de Prensa de la Santa Sede) N. 0276 Versión electrónica en <https://press.vatican.va/content/salastampa/it/bollettino/pubblico/2000/05/04/0276/01001.html> Consultada el 14 de septiembre de 2019.

<sup>212</sup> Nicéforo Guerrero Espinosa y Javier Ramírez Escamilla, “Biotecnología, Biojurídica y Derecho”, en *Revista Académica de la Facultad de Derecho*, México, Universidad La Salle, Vol. 12, núm. 23, julio 2014, pp. 201-222.

<sup>213</sup> Vid., “Gestación subrogada en México. Resultados de una mala regulación”, Grupo de Información en Reproducción Elegida, en

<https://gestacion-subrogada.gire.org.mx/#/> Consultada el 2 de abril de 2021.

<sup>214</sup> “Debate. Genetic modified organisms (GMO)”, en *Promotio Iustitiae*, No. 79, 2003/3 pp. 5-31 Versión electrónica en

El debate aludido muestra que en lo referente al uso de semillas transgénicas muchas comunidades, e incluso grandes agricultores, pueden encontrar en las semillas tradicionales alternativas mucho más atractivas a las que ofrecen las transgénicas, toda vez que los productos provenientes de los OTG no pueden insertarse en algunos de los mercados más importantes del orbe. En lo que se refiere a la genética roja, aunque también se apuntan los enormes beneficios que ésta puede ofrecer para el tratamiento de diferentes trastornos y enfermedades genéticas, tampoco se ignoran los riesgos y protocolos que deben seguirse de manera estricta y permanente, poniendo ante todo como principio rector el respeto a la dignidad humana.

En este debate los participantes dejan ver un hecho destacado que se ha mantenido constante: el que la debilidad inherente a los países periféricos no les permite a estos ser actores de peso en las decisiones que, a nivel mundial, se tienen en torno a la Bt y los OTG. Sin embargo la discusión también revela que esto no significa en absoluto que los gobiernos, e incluso algunas comunidades de dichos países, carezcan de alternativas para enfrentar la disparidad de fuerzas en relación con otros estados o corporaciones transnacionales, especialmente porque los beneficios que pudiera otorgar la industria biotecnológica en sus diversas ramas de aplicación, difícilmente alcanzan a los grupos sociales más vulnerables.

Finalmente, para concluir este apartado, todo lo que se ha analizado hasta ahora me obliga señalar cuál es mi propia postura hacia la Bt, y algunos de los elementos que tiene que ver con su desarrollo. De manera muy concreta hablaré sobre la consideración que merecen quienes conforman el conglomerado social y en qué medida, sus demandas o inquietudes pueden, o deben, ser incorporadas a las políticas y modelos de desarrollo científico y tecnológico en nuestro país. A partir de este momento y hasta el final de este segmento de la investigación, todos los señalamientos que se hagan obedecen por entero y exclusivamente a mis propias reflexiones.

---

[http://www.sjweb.info/documents/sjs/pj/docs\\_pdf/PJ\\_079\\_ENG.pdf](http://www.sjweb.info/documents/sjs/pj/docs_pdf/PJ_079_ENG.pdf) Consultada el 14 de septiembre de 2019. Sumado a este debate se sugiere de manera complementaria la revisión de Moser, Antonio, *Biotecnología y bioética. ¿Hacia dónde vamos?*, México, Dabar SA de CV, 2004, 290 p.

#### **4.6 Consideraciones personales sobre la biotecnología y su posicionamiento entre los diferentes actores sociales**

En *Científicos vs Políticos*, Joseph Hodara sostiene que frente a la ciencia el historiador suele optar por una de dos tendencias: a) Examinar el desarrollo científico en relación con el desenvolvimiento que guardan las ideas en general; o, b) Proceder de manera más rigurosa en sus estudios empleando la metodología y algunos modelos de las ciencias sociales, ya que las correlaciones que se presentan en la ciencia se dan en el marco grupal o institucional de un sistema<sup>215</sup>. Hodara añade que es un error considerar el desarrollo de las ideas científicas sin que se busque la interrelación de éstas con el o los actores que las protagonizan quienes, a su vez, también son protagonistas en las acciones sociales que derivan en que un conocimiento logre o no ser seleccionado.

En lo que respecta a mi persona, tomando como base inicial lo expuesto en *Científicos vs Políticos*, pienso que igualmente debemos incluir un camino y dinámica inversos a los señalados por el autor, no para rechazarlo sino, para complementarlo. Con base en esto es perentorio preguntarnos si es deseable, necesario, conocer qué piensan y qué desean los diversos conglomerados sociales, sobre la biotecnología y sus productos, para el desarrollo e instrumentación de una política científica por parte del Estado.

La respuesta no puede ser otra que sí, pues el avance de la tecnociencia es parte del bien común perseguido por los gobiernos. Ante tal afirmación, lo que sigue es pensar en qué medida y cómo deben incorporarse tales deseos y opiniones, lo cual es por demás difícil de resolver.

No cabe duda de que la inclusión de todos los actores sociales en la toma de decisiones para el desenvolvimiento científico y tecnológico de un país, es una cuestión imperativa y propia de la racionalidad. Tales afirmaciones son inobjetables, ¿Dónde está el problema entonces? La problemática a la que nos enfrentamos reside en que no hay esquema de organización social, por más avanzado que éste llegue a ser, que logre incorporar y aglutinar plenamente los deseos de todos los actores sociales y económicos en una sola idea del bien común.

---

<sup>215</sup> Hodara, Joseph, *Científicos vs. Políticos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 1969, 189 p.

Sabemos que todos los modelos con los que estudiamos e interpretamos la realidad sólo son modelos mas no la realidad misma, ésta es inabarcable; por lo tanto la consecución del bien común basado en el desarrollo científico, solamente alcanzará a incorporar un número determinado de opiniones. ¿Cuál debe ser el criterio que prime para que éstas sean admitidas? Considero que la incorporación de las demandas de muchos de los grupos sociales, en torno al desarrollo científico y tecnológico, únicamente puede obedecer a un criterio de selección sumamente riguroso basado en lo medible, en lo que puede ser sujeto a prueba y comprobado para su aceptación o rechazo. En otras palabras, el desarrollo científico y específicamente el biotecnológico no es democrático, o al menos no en el sentido en que pretende serlo la participación social en otros rubros.

Mi respuesta se basa principalmente en dos elementos que deben vincularse de manera recíproca. El primero de ellos es el criterio técnico; es decir, todos los estudios posibles que puedan y deban ser realizados, considerando en ellos los beneficios, potencialidades, riesgos y perjuicios que pueden traer consigo el diseño, elaboración y liberación de un OTG o un producto del mismo -ya se trate de un organismo unicelular, de un grano o semilla, un fármaco, un polímero o cualquier otro producto en el que se piense-. Esto, claro está, nos obliga a considerar la mayor cantidad de escenarios posibles en los que la tecnociencia pueda ser aplicada, ya sean medio ambientales, culturales, sociales, económicos y/o políticos.

El segundo elemento, debe fincarse en la consecución del bien común más amplio que sea posible. Esto está lejos de obedecer a una ética meramente utilitarista, pues el número mayor de beneficiados no necesariamente está revestido de un criterio de equidad, ni mucho menos garantiza a quienes forman a la o las minorías de un cuerpo social determinado, el que sus intereses y/o necesidades se vean representados en la forja de una política científica y tecnológica<sup>216</sup>.

---

<sup>216</sup> En relación a lo anteriormente señalado conviene mencionar el trabajo realizado por J. Francisco Álvarez y Ricardo J. Gómez, ambos comprendidos en López Beltrán, Carlos y Ambrosio Velasco (Coordinadores), *Aproximaciones a la filosofía política de la ciencia*. En el primer caso Álvarez nos recuerda al discutir la racionalidad axiológica y las prácticas científicas, que la ciencia y el conocimiento no son un bien público en el sentido señalado por los economistas. Esto, según el autor, plantea no sólo problemas en la organización de la ciencia sino, también, en cuanto a los valores epistémicos que pueden obtenerse como un subproducto, no intencional, de determinadas formas de organización política. A esto integramos el análisis de Ricardo J.

Estoy consciente de que mi respuesta no será del todo satisfactoria para muchos y que, incluso, puede tomarse como excluyente. En mi defensa debo señalar que esa no es la intención que persigo y que éste es un modelo, entre muchos otros, con el que pienso que podemos incidir positivamente en algunos aspectos de la realidad sin dejar de pensar que esta última experimenta cambios de manera ininterrumpida, producto de las circunstancias particulares a cada caso. Por ello, ante todo, debemos aceptar que cualquiera que sea el modelo que proponamos, éste siempre debe adaptarse a la realidad que impera y no a la inversa, con lo que lograremos alejarnos del lecho de Procusto en donde nos ha colocado la experiencia de las últimas décadas en materia de ciencia, política y economía.

Parafraseando las palabras que alguna vez escuché a un académico, estoy convencido de que cualquier decisión que tome un gobierno, por más justo y representativo que éste logre ser, no dejará de afectar en menor o mayor medida los intereses e incluso el statu quo de todos, absolutamente todos los grupos que conforman el tejido social. Ya se trate de la construcción de un aeropuerto o de un hospital, de una universidad o una refinería, no habrá solución perfecta que carezca de contradicciones ni afectaciones. Esto nos enfrenta a una paradoja en la que deben ser incorporadas las capacidades que caracterizan al Estado mexicano, así como las condiciones en las que éste se desenvuelve.

Frente a otras naciones con las que se vincula de manera estrecha, la nuestra está marcada por su propia debilidad intrínseca. Más allá de las declaraciones de una elite gobernante, en lo referente a la autorización y desarrollo de diversas prácticas que provienen de la Bt, nuestro país está sujeto no a los deseos de su oligarquía política como tampoco lo está a los de sus gobernados quienes, además, en su mayoría estamos marcados por la impronta de la ignorancia. Ante todo, el Estado terminará por obedecer a los tratados y acuerdos internacionales de los que es firmante, así como a una lógica de mercado ante la cual, hasta ahora, no tiene las capacidades para enfrentarla ni contrarrestarla.

---

Gómez quien se opone a una racionalidad puramente instrumental, y para lo cual señala una serie de presupuestos ontológicos y epistemológicos a través de los cuales advierte, por un lado, que cada agente individual actúa con base en sus propias preferencias objetivas con las que busca satisfacer sus propios intereses, los cuales se confrontan con los de los demás individuos en el mercado. Por otra parte, Gómez nos advierte que no somos seres omniscientes, lo que tampoco hace factible ni una planificación económica ni la justicia social en forma plena por más que sea obligado el conocer las necesidades, y preferencias, de los actores sociales.



Ahora bien, la paradoja a la que nos enfrentamos tampoco nos condena a ser más que hojas al viento. Incluso en medio de las condiciones que nos ciñen, nuestro país cuenta con algunas posibilidades para romper un número considerable de ataduras, pero ellas pasan por proyectos en los que la tecnociencia sea impulsada de manera decisiva, lo mismo que por otros en los que el ciudadano común pueda ser educado en torno a diversos aspectos de la Bt, de forma tal que sus peticiones sean mucho más racionales y que contemplen la mediación de intereses diversos, pues de otra manera sus demandas, nuestras demandas, difícilmente podrán ser incorporadas a las políticas públicas que al respecto vayan desarrollándose con el andar del tiempo.

Conviene mencionar que muchos de los problemas que nos afectan no son exclusivos de países semejantes al nuestro, esto es “periféricos”. En la bibliografía con la que se ha trabajado para este capítulo algunos de los autores señalan que lo mismo que los pequeños agricultores de México, Zambia o el sureste asiático, aquellos que pertenecen a algunas naciones altamente desarrolladas -particularmente Estados Unidos-, también enfrentan las mismas dificultades, pues no se encuentran en la capacidad de solventar los costos implícitos a la aplicación de las técnicas agrícolas basadas en la Bt. Ante tal situación considero que vale la pena recordar los señalamientos que René Dubos hace sobre la deshumanización que, desde hace ya tiempo, caracteriza al hombre de ciencia y que sólo puede ser resuelta si logramos que éste vincule su quehacer científico a las necesidades del conglomerado social<sup>217</sup>. Debo hacer hincapié en que contamos con una posibilidad extraordinaria para cambiar el rumbo que la Bt ha impuesto a nuestro país. La alternativa reside en el propio impulso que debemos dar a la ciencia y la tecnología para que éstas respondan a nuestras propias necesidades e intereses, lo cual no ha tenido lugar en las últimas cinco décadas, siendo ésta la historia que hemos abordado en este trabajo.

Las metas a las que aspiramos pueden lograrse si acaso nos decidimos a estudiar nuestra propia biota, una de las más extensas del mundo. Lo que podamos aprender de ella por nosotros mismos, incluso jugando con las propias leyes que impone el mercado, nos facultará para patentar el genoma de los organismos cuyo centro de origen se encuentra en

---

<sup>217</sup> Dubos, René, *Op. cit.*, pp. 123-158.

México<sup>218</sup>, y para controlar de una manera mucho más eficiente la posible entrada y liberación de los OTG, así como de aquellos que ya se encuentran presentes en nuestros ecosistemas. Por supuesto, nada de esto habrá de lograrse sin un oficio político real de los grupos gobernantes en conjunción con ONG, ciudadanos y científicos. Todos ellos, nosotros mismos, debemos dejar de obedecer a la lógica utópica del todo o nada que ha prevalecido desde hace varios lustros.

Esto no es un sueño imposible. Otros países lo han conseguido y si bien su historia y condiciones han sido y son muy diferentes a las nuestras, en todos los casos en los que la Bt ha sido exitosa para el tejido social en su conjunto, ello sólo se ha logrado a partir del establecimiento de metas que rebasen por mucho la coyuntura que marca tan sólo a un gobierno. El éxito o fracaso dependerá de nuestra capacidad para funcionar como un tejido social articulado, cuyo fin último sea la búsqueda del bien común. En un proyecto de tal envergadura, por supuesto que la ciencia y la educación tecnocientífica a distintos niveles no pueden ser excluidas, a no ser que nuestro deseo sea perpetuar el estancamiento en el que nos encontramos desde hace décadas.

Para concluir este apartado y parafraseando a uno de los investigadores a quienes pude entrevistar debo hacer hincapié, insistir, en que si bien la investigación en prácticamente todas las áreas y ramas de la Bt no debe estar sujeta a prácticas democráticas, ello no significa que la Bt no impulse a la democracia misma. En ningún momento debe aceptarse la imposición de un OTG o cualquier otro producto o práctica biotecnológica a individuo o población alguna, como tampoco se puede admitir que por sí mismos algunos OTG y/o productos y prácticas biotecnológicas atentan contra el bien común, a no ser que una investigación profunda y detallada así lo sugiera y/o establezca.

Lo anterior es una de las paradojas más formidables a las que nos hemos enfrentado como humanidad en tiempos recientes, y que solamente puede ser resuelta con base en la propia investigación tecnocientífica y en la instauración de reformas educativas profundas, racionales y sensibles, cuyo resultado será palpable en el mediano y largo plazo. La manera en que esto ha de ejecutarse dependerá de cada país y cuerpo o cuerpos sociales en

---

<sup>218</sup> Esto también contempla el genoma de muchas de nuestras comunidades, cuyo estudio puede generar descubrimientos por demás útiles e innovadores en la biotecnología roja.

particular, pero no hay duda en cuanto a que el fin último debe ser la consecución de una cultura tecnocientífica, que abone en favor del bien común y del medio ambiente.

Si habremos de alcanzar las metas que hemos mencionado es algo sobre lo que aún no tendremos certeza en el corto plazo y, para ciertos rubros, tampoco en los procesos de mediana duración; empero, ello no implica que las posibilidades sean inexistentes. Quizá el ejemplo más representativo con el que contamos es la pandemia provocada por el virus SARS COV2 que ha puesto a prueba a los estados, a los gobiernos e individuos alrededor del orbe, lo mismo que a las clases políticas, a los grupos científicos y a la Bt misma, así como al extenso tejido social conformado por cerca de 8 mil millones de seres humanos, que lo mismo abrazamos la posibilidad de ser inoculados con una o más vacunas para dicho patógeno, que rechazamos dicha inoculación a consecuencia de nuestras concepciones religiosas, temores, ignorancia o egoísmo.

Reitero y concluyo en este apartado: la Bt no ha sido ni será, bajo ninguna circunstancia, la clave con la que daremos solución cabal a esta pandemia u otras enfermedades con las que actualmente lidiamos, o que puedan presentarse ulteriormente. Tampoco lo será para dar solución plena a los problemas referentes a la producción, traslado, conservación y distribución de alimentos, así como a los riesgos y consecuencias que ya enfrentamos por la alteración del medio ambiente global y la pérdida de especies y ecosistemas. Pero no hay manera de objetar que sin la Bt seremos incapaces de salir adelante ante estos y otros retos. Todo debemos resolverlo en el tiempo presente auxiliándonos de lo que nos aporta el estudio de la Historia de la ciencia contemporánea tanto por los vínculos que tenemos con nuestra propia contemporaneidad, como por nuestra responsabilidad con el porvenir de las generaciones futuras.

## Capítulo 5

### Ejemplos de la biotecnología desarrollada en la historia contemporánea de México

#### 5.1 Revisión del contexto de entrada y desarrollo de la biotecnología en nuestro país

Como ya hemos mencionado la vida cotidiana prácticamente en todos sus aspectos, es decir la contemporaneidad misma, no es entendible sin la tecnociencia. Ésta nos rodea, nos faculta, impulsa y seduce. Por supuesto, como corresponde a toda seducción, la biotecnología y los OTG que ella produce también pueden llevarnos por linderos no sólo inconvenientes sino, también, peligrosos. Pero ninguno de estos caminos es decidido por la Bt *per se* ni por los OTG, sino por el ser humano. Las razones y motivos son tan vastos y variados como los valores mismos, pero ésta es una discusión propia de la axiología que no atenderemos en este trabajo; lo que sí habremos de abordar es el camino que ha seguido la Bt en México desde los años 70 en algunos casos y de manera más reciente en otros.

Conviene señalar que el objetivo que perseguimos en este capítulo, no sólo se finca en ofrecer algunos ejemplos de la Bt que ha sido desarrollada en nuestro país durante las últimas décadas sino, a la vez, mostrar que el desarrollo de la misma únicamente puede ser entendido como parte de una historia más amplia en la que convergen, entre otros, sucesos y hechos de índole económica, demográfica, política y social. El conjunto de estas transformaciones ha llevado a la concentración del PIB generado por el país en número reducido de personas, con el subsecuente empobrecimiento de enormes segmentos de la población siendo la más afectada aquella que reside en las áreas rurales. En éstas los programas de apoyo a los pequeños agricultores desaparecieron paulatinamente conforme el modelo de sustitución de importaciones llegó a su fin, y la economía nacional se derrumbaba. Durante este proceso, a nivel global, se estableció una nueva división internacional del trabajo en la que nuestro país terminó por ser principalmente un productor de materias primas y de compuestos intermedios, así como un maquilador de productos diversos, mas no un fabricante neto de los mismos.

El aumento poblacional entre 1970 y 2015, aunado a los errores en la distribución de la riqueza generada por el país, han conducido a que la población se enfrente a un mercado laboral limitado y castigado a la vez que, conforme se incrementa el número de habitantes, también lo hace la demanda de alimentos, de agua potable y servicios de salud; ello por no hablar de las afectaciones medioambientales. En este periodo, amén de las transformaciones y presiones económicas, las generadas por la sociedad civil condujeron a que las oligarquías políticas fueran cediendo espacios de representación que, eventualmente, rompieron con la hegemonía del partido político dominante para dar paso a una serie de transiciones locales y nacionales que, si bien han sido importantes, no han derivado en un aumento del nivel de vida de la población en general ni en el desarrollo tecnocientífico y, por ende, económico. Sin embargo, en la pluralidad de tonalidades que caracteriza a la realidad, tampoco hay que soslayar que todo ello ha dado pie a reconocer a muchas de las minorías que hasta hace unas décadas fueron sistemáticamente ignoradas, lo mismo que los saberes generados por ellas. Lo mismo sucedió con los ecosistemas que se ven afectados por las actividades antrópicas y a los cuales urge restaurar y/o preservar.

A riesgo de ser reiterativos, en los capítulos anteriores hemos mostrando cómo es que durante los últimos 50 años la sociedad mexicana ha experimentado cambios diversos que han derivado en la instrumentación y evolución de la Bt. La vastedad de los mismos torna inconveniente el enfocarnos en ellos; sin embargo, conviene que recordar a algunos para facilitar la comprensión del contexto histórico en el que la Bt ha sido desarrollada en nuestro país:

- 1971-1976: Fin del modelo de industrialización basado en la sustitución de importaciones
- 1970-1976: Promedio anual de crecimiento del PIB:7.18%; Inflación acumulada: 126.06%; Devaluación acumulada: 22.88%; Monto de la Deuda Externa: 20,000 millones de dólares (mmd)
- 1979: Inicia la explotación del campo petrolífero de Cantarell
- 1976-1982: Promedio anual de crecimiento del PIB:7.66%; Inflación acumulada: 417.69%; Devaluación acumulada: 866.8%; Monto de la Deuda Externa: 83,000 mdd

- 1982-1988: Disminución de los presupuestos otorgados a programas sociales y de apoyos a pequeños agricultores; Promedio anual de crecimiento del PIB: 0.18%; Inflación acumulada: 4030.75%; Devaluación acumulada: 1442.92%; Monto de la Deuda Externa: 100,000 mdd
- 1988: Primera solicitud en México para la siembra experimental de semillas transgénicas. Candidatura de Cuauhtémoc Cárdenas Solórzano a la presidencia de la República por parte del Frente Democrático Nacional
- 1992: Adscripción al Convenio Sobre Diversidad Biológica; creación de la CONABIO
- 1994: Entrada en vigor del TLCAN; levantamiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN)
- 1988-1994: Flotación artificial del peso; Promedio anual de crecimiento del PIB:4.31%; Inflación acumulada: 141.99%; Devaluación acumulada: 50.08%; Monto de la Deuda Externa: 140,000 mdd
- 1995: Aprobación del rescate bancario a través del Fondo Bancario de Protección al Ahorro (Fobaproa)
- 1996: Primera siembra experimental de algodón transgénico
- 1997: El Partido Revolucionario Institucional pierde por vez primera la mayoría calificada en la Cámara de Diputados
- 1999: Resolución por parte de la SCJN de la controversia constitucional sobre la jerarquización de las leyes constitucionales y tratados y convenios internacionales firmados por México. Desaparición de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo)
- 1994-2000: Promedio anual de crecimiento del PIB:3.69%; Inflación acumulada: 225.33%; Devaluación acumulada: 173.82%; Monto de la Deuda Externa: 155,800 mdd
- 2000: Triunfo de Vicente Fox Quesada en la elección presidencial por parte del Partido Acción Nacional (PAN)
- 2001: Adscripción de México al Protocolo de Cartagena
- 2005: Promulgación de la LBOGM
- 2000-2006: Promedio anual de crecimiento del PIB:2.46%; Inflación acumulada: 30.41%. Devaluación acumulada: 16.8%; Monto de la Deuda Externa: 137,200 mdd
- 2006: Triunfo de Felipe Calderón Hinojosa, candidato del PAN, en la elección presidencial.

- 2007: Establecimiento de la CIBIOGEM
- 2009: Primera autorización para la siembra experimental en México de maíz transgénico
- 2006-2012: Promedio anual de crecimiento del PIB:2.08%; Inflación acumulada: 28.96%; Devaluación acumulada: 17.54%; Monto de la Deuda Externa: 210,800 mdd
- 2011: Primera siembra de maíz transgénico en México
- 2012: Triunfo de Enrique Peña Nieto en la elección presidencial por parte del PRI
- 2016: La SAGARPA establece una suspensión temporal al otorgamiento de nuevos permisos para la siembra de maíz transgénico
- 2012-2018: Promedio anual de crecimiento del PIB:2.43%; Inflación acumulada: 25.14%; Devaluación acumulada: 56.81%; Monto de la Deuda Externa: 445,800 mdd
- 1970-2015: La población del país pasó de más de 48 millones de habitantes, a 120 millones<sup>219</sup>
- 2018: Trinunfo de Andrés Manuel López Obrador en la elección presidencias por parte de MORENA. Inicio de la llamada “Cuarta Transformación”

Estos datos no buscan desviar nuestra atención del que es nuestro objeto de estudio pero el incluirlos nuevamente, y en una manera algo más compacta, puede ayudarnos a comprender que la historia de la Bt en México no puede entenderse al margen del devenir histórico nacional que se refleja en los datos ofrecidos, los cuales se relacionan a su vez con una serie de cambios acaecidos a nivel mundial y que impactan de maneras diversas, y con

---

<sup>219</sup> A estas mediciones añadimos las realizadas por el CONEVAL contrastando los datos recabado para los años 2008 y 2018 (todas las cifras que siguen a los años se dan en millones de personas), a saber: Situación de pobreza: 2008, 49.48, 2018: 52.42; Situación de pobreza extrema 2008: 12.32, 2018: 9.31; Rezago educativo 2008: 24.5, 2018: 21.1; Carencia por acceso a la seguridad social 2008: 72.5, 2018: 71.7; Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda 2008: 25.5, 2018: 24.7; Carencia por acceso a la alimentación 2008: 24.3, 2018: 25.5; Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos 2008: 18.7, 2018: 21; Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos 2008: 54.7, 2018: 61.1 Vid., Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, “Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social Medición de la pobreza serie 2008-2018”, 5 de agosto de 2019. Versión electrónica en [https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza\\_18/Pobreza\\_2018\\_CONEVAL.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf) Consultada el 29 de abril de 2020.

fuerzas diferenciadas, a muchas de las dinámicas y actividades que se realizan al interior del país.

Así entonces, regresando con la historia de la Bt en México, ofreceremos algunos ejemplos que no por ser reducidos en número son menores en importancia, especialmente porque se puede observar la vinculación que tienen entre sí. Específicamente nos enfocaremos en las biotecnologías que se clasifican como verde, roja y gris. A través de estos casos y las discusiones que deriven de su análisis veremos cómo es que de la misma forma en que la ciencia y la tecnología no pueden entenderse como entidades separadas, la tecnociencia tampoco puede ser concebida si no es en relación franca con lo humano y con el medio ambiente que nos rodea y que es uno solo: nuestro planeta.

En todo esto es imperativo recordar siempre que la Bt no es, ni de lejos, la panacea que algunos quisiéramos que fuese ni, tampoco, la maldición que muchos proclaman. Ella es producto del quehacer y del razonamiento humano y es con base en ello que debemos llevar a cabo un ejercicio de racionalidad, tanto para comprender la relevancia que tiene en las actividades que ejecutamos diariamente, como las posibilidades y ventajas que ofrece. El horizonte de entendimiento que esto plantea sólo se alcanzará siempre y cuando no sigamos el camino de Procusto y de la doxa, sino el de la episteme que caracteriza al razonamiento científico, incluido el histórico, y que tiene en lo contemporáneo un campo de estudio extraordinariamente enriquecedor al cual no conviene dar la espalda.

Somos testigos y artífices de un momento histórico trascendental en la historia de la ciencia ya que, de fuerza o de grado, estamos inmersos en lo que la Bt produce. En la medida en que, parafraseando a Ortega y Gasset, abracemos a nuestra historia sin duda podremos ofrecer algo a quienes están inmediatamente detrás de nosotros y que, en breve, enfrentarán los problemas que históricamente hemos generado así como con las soluciones que para ello, acertada o equivocadamente, han sido propuestas. Así entonces, dejemos la doxa, abracemos la episteme y continuemos con esta discusión.



## 5.2- La biotecnología verde

Para hablar de la biotecnología en la Historia de la ciencia México, y particularmente de la que clasificamos como verde, quizá no exista mejor ejemplo que el maíz. Sin embargo no fueron las variedades transgénicas de esta gramínea las primeras semillas que se plantaron en el agro mexicano, ese lugar lo ocupó el jitomate en 1988 por la empresa Campbell's. Ahora, la importancia de las semillas transgénicas no sólo ha ocupado el interés de los capitales privados sino, también y por diferentes motivos, de instituciones tales como el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, y el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo. En 1993 el CINVESTAV solicitó la primera autorización para llevar a cabo pruebas que se mantuvieron en una escala mínima. Por su parte en 1996 el CIMMYT obtuvo el primer permiso para realizar una prueba de campo en el estado de Morelos.

En poco tiempo se presentó un aumento considerable en estas peticiones, lo que llevó a que la SAGARPA fijara una moratoria a la siembra experimental y comercial de maíces transgénicos en 1999, la cual permaneció vigente hasta 2005. A partir de 2009 y hasta 2102 se aceptaron 195 solicitudes para la siembra de maíz transgénico; eventualmente la identificación de algunos genes de estas variedades en áreas de cultivo en las que aquellas estaban prohibidas, llevaría a que la SAGARPA declarara una suspensión temporal en la autorización de estas solicitudes en 2016.

**Aprobación de permisos de liberación al ambiente de Maíz transgénico (2009-2012)**

	<b>Total</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Solicitudes recibidas</b>	<b>248</b>	34	76	76	62
<b>Solicitudes aprobadas</b>	<b>195</b>	33	68	61	33
Etapa experimental	169	33	67	55	14
Etapa piloto	26	0	1	6	19
Etapa comercial	0	0	0	0	0
<b>Hectáreas permitidas</b>	<b>3,457.00</b>	14.5	59.5	231.1	3,151.90

220

<sup>220</sup> “Maíz transgénico en México”, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), Cámara de Diputados LXIV Legislatura, abril de 2019, 7 p. Versión electrónica en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/9/42Inv.%20Ma%C3%ADz%20Geneticamente%20Modificado.pdf> Consultada el 25 de marzo de 202.

En lo que se refiere a otras solicitudes para la siembra de semillas transgénicas distintas al maíz, la suerte fue distinta. Entre 1988 y 2004 se otorgaron 317 permisos a 38 empresas y 3 institutos de investigación y universidades que contemplaban 26 cultivos transgénicos experimentales en 17 estados del país, en una superficie total que alcanzó 667,510 ha, 90% de ellas destinadas al algodón transgénico en fase experimental o piloto<sup>221</sup>. En lo que se refiere al periodo que corrió de 2005 a 2017 tocó a un grupo muy reducido de empresas transnacionales ser las beneficiarias de estos permisos que incluyeron 9 cultivos, a saber: alfalfa, algodón, canola, frijol, limón mexicano, maíz, naranja dulce Valencia, soya y trigo, los cuales cubrieron al final más de 5.7 millones de ha (las extensiones solicitadas sumaban 15.4 millones), mayoritariamente destinadas al cultivo de algodón y seguidas, aunque muy de lejos, por la soya.

### Solicitudes de liberación por institución o empresa (2005-2017)

Empresa o Institución	Solicitudes
Bayer	168
CIMMYT	44
CINVESTAV	10
Dow AgroSciences	26
Dow AgroSciences y PHI	18
INIFAP	12
Forage Genetics	5
Embajada de los E.U.	2
Monsanto	379
PHI-Pioneer	133
Sygenta	56
<b>Total</b>	<b>853</b>

222

<sup>221</sup> Daniel Sandoval Vázquez, “Treinta años de transgénicos en México (compendio cartográfico), Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, agosto de 2017, 40 p. Versión electrónica en [http://ceccam.org/sites/default/files/30\\_a%C3%B1os\\_transgenicos.pdf](http://ceccam.org/sites/default/files/30_a%C3%B1os_transgenicos.pdf) Consultada el 25 de marzo de 2021. En este estudio se explica que la liberación de transgénicos al ambiente pasa por tres etapas: 1) **Liberación experimental**, la cual siempre debe incluir medidas de contención ya sean físicas, químicas o biológicas; 2) **Programas piloto**, en los que pueden o no ser incluidas las medidas de contención señaladas en la primera etapa; 3) **Liberación comercial**, en la que no se incluye medida de contención alguna para evitar el contacto de los transgénicos ya sea con la población o con el medio ambiente. En esta etapa los permisos pueden tener una vigencia indefinida.

<sup>222</sup> Daniel Sandoval Vázquez, “Treinta años de transgénicos en México (compendio cartográfico), Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, agosto de 2017, pp. 9. Versión electrónica en

### Solicitudes y extensiones permitidas acumuladas en el periodo 2005-2017

<b>Total de solicitudes</b>	<b>853</b>
Solicitudes permitidas	595
Solicitudes en proceso	123
Solicitudes rechazadas	113
Extensión solicitada (ha)	15,471,818
Extensión permitida (ha)	5,776,125
<b>Extensión permitida para siembra comercial (ha)</b>	<b>863,000</b>

223

La aceptación del algodón transgénico, hay que decirlo, respondió a varios factores que tiene que ver con su valor comercial y los diferentes usos que tiene, así como a condiciones medioambientales y de vulnerabilidad para la planta lo mismo que con su “invisibilidad” comparada con la del maíz, no obstante que México también es uno sus centros de origen. En nuestro país las variedades transgénicas de algodón son destinadas a la alimentación de animales (especialmente de ganado vacuno), la elaboración de aceite para consumo humano y, claro está, para la industria textil. Hacia 2004 se presentaron factores de estrés medio ambiental así como el ataque de plagas que, en conjunto, provocaron una caída notable en la producción algodонера nacional lo que dio pie a que miles de agricultores comenzaran a sembrar variedades transgénicas<sup>224</sup>.

---

[http://ceccam.org/sites/default/files/30\\_a%C3%B1os\\_transgenicos.pdf](http://ceccam.org/sites/default/files/30_a%C3%B1os_transgenicos.pdf) Consultada el 25 de marzo de 2021.

<sup>223</sup> Daniel Sandoval Vázquez, “Treinta años de transgénicos en México (compendio cartográfico), Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, agosto de 2017, pp. 9. Versión electrónica en [http://ceccam.org/sites/default/files/30\\_a%C3%B1os\\_transgenicos.pdf](http://ceccam.org/sites/default/files/30_a%C3%B1os_transgenicos.pdf) Consultada el 25 de marzo de 2021.

<sup>224</sup> Aunque escapa a la periodización de este trabajo vale la pena mencionar que en junio de 2020 la SEMARNAT, encabezada por Víctor Manuel Toledo, prohibió el cultivo de maíz transgénico lo que ha derivado en un derrumbe de la producción algodón y la afectación de cerca de 7 mil 500 productores medianos y pequeños en los ciclos de cultivo de 2020 y 2021. *Vid.*, Carolina Gómez Mena, “Piden a Semarnat revertir restricciones a la siembra de algodón”, *La Jornada*, México, 7 de agosto de 2020. Versión electrónica en

<https://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2020/08/07/piden-a-semarnat-revertir-restricciones-a-la-siembra-de-algodon-8712.html> Consultada el 31 de marzo de 2021.

Solicitudes para el cultivo de semillas transgénicas 2205-2017	Alfalfa	Algodón	Canola	Frijol	Limón mexicano	Maíz	Naranja dulce Valencia	Soya	Trigo	Total
Total de solicitudes	13	405	2	1	6	327	3	52	44	853
Solicitudes aceptadas	3	308	0	1	3	194	0	43	43	595
Solicitudes en proceso	0	26	0	0	3	91	3	0	0	123
Solicitudes rechazadas	10	53	2	0	0	42	0	5	1	113
Extensión solicitada (ha)	76.1	7,290,404	4	0.12	6	7,738,932	3	442,383	9.6	15,471,817
Extensión permitida (ha)	1.8	5,134,012	0	0.12	3	19,886	0	442,212	9.5	5,776,125
Extensión permitida para siembra comercial (ha)	0	609,500	0	0	0	0	0	253,500	0	863,000

**Total acumulado de solicitudes por empresa o institución (periodo 2205-20017): Bayer: 168, CIMMYT: 44, CINVESTAV: 10, Dow AgroSciences: 26, Dow AgroSciences y PHI: 18, INIFAP: 12, Forage Genetics: 5, Embajada de los E.U.: 2, Monsanto: 329, PHI: 133, Sygenta: 56.**<sup>225</sup>

Regresando a las discusiones en torno al maíz hay que señalar que existen dos tipos principales: el blanco y el amarillo, cada uno con diferentes razas y miles de variedades alrededor del mundo. Pero en lo que se refiere a nuestra nación dicha gramínea está revestida de una importancia notable por razones biológicas, culturales, alimentarias y socioeconómicas, cuyos aspectos históricos deben entretrejerse para alcanzar un entendimiento satisfactorio del punto en el que nos encontramos en relación con este segmento de la Bt.

La historia del maíz como una planta domesticada, cuyo centro de origen se ubica en México, es milenaria y la mayoría de las investigaciones cifran la primera obtención del mismo en el Valle de Tehuacán, Puebla, hace más de 6 mil años. A partir de entonces diversas culturas en lo que ahora es México, y particularmente en el área conocida como Mesoamérica, desarrollaron una gran variedad de razas de maíz de las cuales 59 están registradas como originarias y de las que se derivan miles de variedades<sup>226</sup> que conforman parte de la dieta básica de la ciudadanía y que son, por sí mismas, una fuente extraordinaria de germoplasma aunque en nuestro territorio se trata casi exclusivamente de variedades de

<sup>225</sup> Daniel Sandoval Vázquez, “Treinta años de transgénicos en México (compendio cartográfico), Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, agosto de 2017, pp. 12. Versión electrónica en [http://ceccam.org/sites/default/files/30\\_a%C3%B1os\\_transgenicos.pdf](http://ceccam.org/sites/default/files/30_a%C3%B1os_transgenicos.pdf) Consultada el 25 de marzo de 2021.

<sup>226</sup> Alrededor del orbe existen más de 120 mil.

maíz blanco cuyo cultivo y cosecha representan entre el 85 y el 90% de la producción anual de maíz de grano, lo que tiene repercusiones diversas.

A diferencia de la mayoría de los países en los que se cultiva esta gramínea, en el nuestro prácticamente sólo las variedades de maíz blanco son empleadas para el consumo humano, en tanto que las de maíz amarillo son destinadas al consumo pecuario y ciertos rubros del sector de alimentos así como del industrial. El por qué de esta preferencia responde a razones históricas y culturales que escapan a los fines de esta investigación<sup>227</sup>; empero, lo que sí compete a nuestro estudio es que en cuanto a la producción de maíz blanco somos prácticamente autosuficientes, teniéndose que importar cantidades en realidad menores al tiempo que también se exportan algunas<sup>228</sup>. En cuanto al amarillo es con esta gramínea que ocupamos el segundo lugar a nivel mundial como importadores, siendo superados sólo por la Unión Europea. Por supuesto, la escasa producción y la enorme demanda obedecen a causas diversas, pero habremos de centrarnos en las de índole social, económica, política, científica y biotecnológica que han sido preponderantes a partir de la década de los años 70.

En lo que se refiere a la demografía durante las primeras décadas de la centuria pasada, el tamaño y el crecimiento de nuestra población se mantuvieron relativamente estables. Para 1921, cuando las confrontaciones más sangrientas del periodo revolucionario ya habían tenido lugar, se estima que el número de habitantes sobrepasaba los 14 millones, cifra que tardaría más de 30 en duplicarse. Como resultado de una serie de transformaciones que se presentaron desde los años 40 y que incluyeron mejoras en la medicina y las prácticas médicas, a partir de la década de los 60 el número de habitantes comenzó a incrementarse de manera dramática llegando a presentar tasas de crecimiento anual superiores al 3% durante ese decenio, y de 2.88% durante la siguiente década. No fue

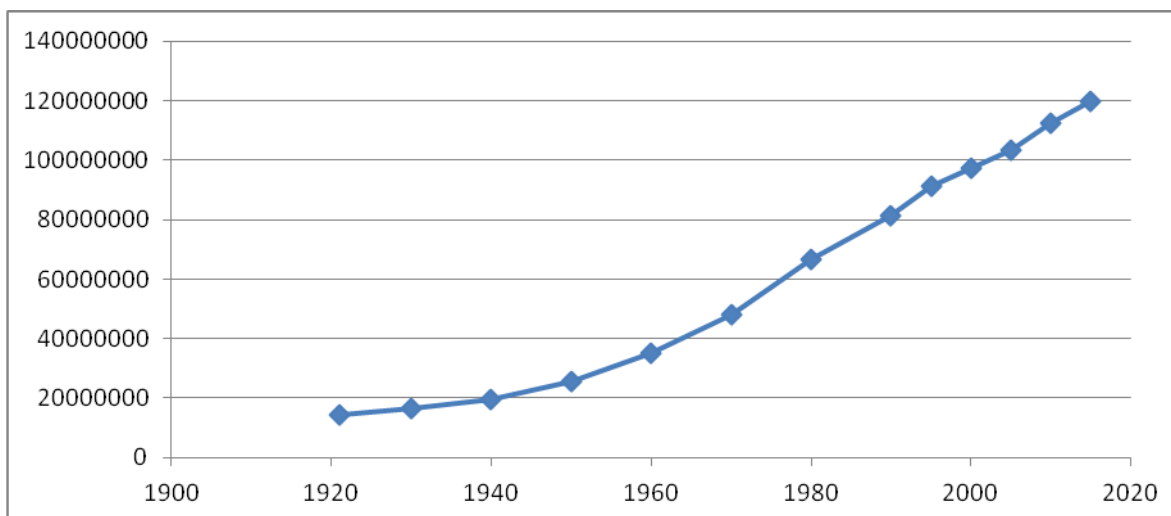
---

<sup>227</sup> A pesar de que está fuera de discusión el que la gran cantidad de razas de maíz blanco, y el impresionante número de variedades que derivan de ellas, forman parte de una riqueza tanto biológica como cultural debe apuntarse que en cuanto a calidad nutrimental el maíz blanco y el amarillo presentan diferencias poco significativas entre sí.

<sup>228</sup> La capacidad de México para producir maíz le señala a éste como uno de los principales productores. Sin embargo, a pesar de que la producción ha aumentado consistentemente a partir de la entrada en vigor del TLC, nuestra capacidad productiva en relación con otros países ha ido perdiendo terreno, de tal forma que hacia 2006 se ocupaba el 4º lugar mientras que para el ciclo 2018/19 se tuvo el 6º u 8º sitio, dependiendo de la fuente que se consulte.

sino hasta 1989 que se logró que el índice de crecimiento se redujera a menos del 2% anual (1.93%), para ir decreciendo de manera continua hasta 2000 (1.27%) año a partir del cual volvió a incrementarse aunque de manera marginal, llegando a 1.42% en 2010<sup>229</sup>.

**Número de pobladores 1920-2015<sup>230</sup>**



Si bien el hecho de que a una mayor cantidad de población corresponde una mayor demanda de alimentos es una verdad de Perogrullo, ésta no deja de ser el eje que articula el desarrollo de la Bt verde en México cuyo antecedente más inmediato se cifra en la Revolución verde, dirigida por Norman Borlaug durante los años 60 y 70. Ésta se encaminó principalmente al desarrollo, siembra y cultivo de variedades mejoradas de trigo obtenidas a partir de una modificación genética<sup>231</sup> para que fueran más productivas y resistentes a

<sup>229</sup> Vid., [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa\\_Ind\\_Dem18/index\\_2.html](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index_2.html)

Consultada el 16 de diciembre de 2019.

<sup>230</sup> <https://www.inegi.org.mx/>

<sup>231</sup> Estas variedades también son conocidas como híbridas. A decir de Agustín López Munguía: “Los híbridos son el resultado de cruces es, digamos, sigue siendo, modificaciones genéticas tradicionales. Todas, bueno, todas son genéticas. La domesticación es una modificación genética, pero el caso es que son modificaciones genéticas, digamos de laboratorio, aceleradas en algunos casos incluso inducidas con radiación. La manera tradicional de alterar el material genético es creando mutaciones a través de la radiación y seleccionando las plantas con la propiedad que uno está buscando.

La otra es simplemente cruces entre una planta que tiene una propiedad, digamos que dé resistencia a un insecto y otra que es de alto rendimiento y obteniendo híbridos que tienen las dos características. El problema es que estos híbridos pierden vigor rápidamente. La semilla no se puede estar sembrando... Los maíces criollos son, las distintas razas les llaman también, hay como 60 razas de las cuales derivan miles de especies

condiciones de estrés medio ambiental. Como era de esperar, los adelantos conseguidos por esta revolución no tardaron en alcanzar a otras gramíneas como el maíz.

Aunque la nuestra es una investigación sobre la Historia de la ciencia contemporánea, ella no es ajena a las dinámicas sociales, económicas y políticas que anteceden a la periodización con la que aquí se trabaja. En ese tenor es pertinente traer a la memoria que al margen de las pretensiones que inicialmente tuvo el movimiento revolucionario de comienzos del siglo XX, para lograr mejores condiciones de existencia entre los habitantes del medio rural, a partir del sexenio de Miguel Alemán (1940-1946) los recursos económicos destinados a la agricultura se concentraron en los grandes productores, al tiempo que la investigación y la tecnología se sesgaron en contra de quienes producían en pequeña escala<sup>232</sup>. Llegado el momento el Estado tuvo que intervenir en los problemas que esto estaba generando, para lo cual estableció la fijación de precios de garantía en 1953 y, posteriormente, la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO) en 1965. A pesar de estas medidas la política de precios de garantía fue deficiente, lo que provocó que entre 1963 y 1973 los ingresos de quienes cultivaban en pequeña escala se deterioraran en términos reales<sup>233</sup>.

La magnitud del aumento poblacional al que nos referimos anteriormente obligó a que, a partir de 1970, el Estado buscara incrementar la producción agropecuaria y pesquera, logrando cierto nivel de recuperación en la economía de los pequeños

---

que son las que se siembran en todo el Sur del país, pero son productos de la milpa.” Entrevista a Agustín López Munguía Canales.

<sup>232</sup> Grosso Modo, existen tres tipos de productores agrícolas en nuestro país. Los Microproductores, dedicados esencialmente al autoconsumo, dirigiendo sus excedentes a mercados locales. Sus sistemas de producción son rudimentarios y muchas veces no emplean agroquímicos, maquinaria ni semillas mejoradas. Los Pequeños y Medianos, cuya producción se dirige a la satisfacción de un contrato pactado anteriormente; estos productores adaptan la tecnología a sus necesidades y en general manejan semillas criollas mejoradas; entre los principales problemas a los que se enfrentan está el que son sujetos de prácticas intermediarias. Por último están los grandes productores quienes tienen la posibilidad de instrumentar medidas encaminadas a la mecanización de las superficies cultivadas y cosechadas, al tiempo que manejan una gran cantidad de insumos entre los que se encuentran semillas con las que obtienen elevados niveles de producción. Vid., "Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012", México, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, 2006, 208 p. Versión electrónica en [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf) Consultada el 16 de octubre de 2019.

<sup>233</sup> María del Rosario Selene Venegas García, “Producción y comercialización del maíz en México, cobertura de riesgo con derivados”, en <http://ru.iiec.unam.mx/3444/1/084-Venegas.pdf> Consultada el 15 de octubre de 2019.

productores entre 1974 y 1976. Sin embargo, la explosión demográfica y las inconsistencias en la política pública en torno al agro mexicano, no lograron resolver la crisis agrícola que continuó presentándose durante los años 70 y 80, lo que allanó el camino para que México se adhiriera a un modelo económico marcado por el retraimiento del Estado y el empoderamiento de las fuerzas del mercado a través de la liberalización económica -que terminaron por dar fin al estado del bienestar que privó durante las décadas anteriores-, lo que fue claramente identificable primero en la suscripción al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986, y posteriormente con la firma del Acuerdo de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN), signado en 1993<sup>234</sup>.

Fue con el TLCAN que la realidad del agro mexicano se transformó de manera radical en cuanto al maíz. No tanto por la producción de variedades transgénicas como sí por la importación de las mismas. No debemos olvidar que nuestro país es prácticamente autosuficiente en la producción de maíz blanco; sin embargo, en lo que se refiere al amarillo, el cual es la base para la alimentación de aves de corral y ganado porcino, somos importadores consumados abasteciéndonos casi por completo en el mercado estadounidense. Las cantidades que se han comprado han ido aumentando año tras año, con excepción de los ciclos agrícolas 2011/2012 y 2012/2013, llegando a un monto cercano a los 15 millones de toneladas en el ciclo 2018/2019 y con una proyección de 18.5 para 2019/2020, lo que significaba un incremento del 8.8% con respecto al ciclo anterior, tratándose, claro está, de variedades transgénicas<sup>235</sup>.

En la historia que estamos analizando ahora debemos sopesar la estrecha relación que mantienen los mercados de maíz de México y Estados Unidos país que, por cierto, basa la producción de maíz de grano fundamentalmente en el amarillo del cual es, por mucho, el

---

<sup>234</sup> María del Rosario Selene Venegas García, “Producción y comercialización del maíz en México, cobertura de riesgo con derivados”, en <http://ru.iiec.unam.mx/3444/1/084-Venegas.pdf> Consultada el 15 de octubre de 2019.

<sup>235</sup> "Reporte del mercado de maíz. Agosto 2019", Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, Centro de Información de Mercados Agropecuarios, 18 p., en <https://docplayer.es/153629699-Reporte-del-mercado-de-maiz-agosto-2019.html> Consultada el 16 de octubre de 2019. Steven Zahniser, *et. al.*, “The Growing Corn Economies of Mexico and the United States”, en *Economics Report Service*, United States Department of Agriculture, United States, FDS-19F-01, July 2019, iii+48 p., en <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/93542/ocs-19f-02.pdf?v=9932.1> Consultada el 16 de octubre de 2019.



primer productor y exportador del orbe. Esto se debe principalmente a varios factores de los cuales destacamos los siguientes: La Unión Americana dispone de extensas superficies por demás aptas para el cultivo de maíz así como de recursos hídricos importantes, pero esto no sería suficiente si no contara con una infraestructura amplia y desarrollada que le permite el almacenamiento y transportación del grano cosechado, resultante de políticas públicas que, desde hace mucho, han sido encaminadas a apoyar a los sectores productivos.

Como parte de los apoyos con los que el vecino país impulsa la producción de maíz está el desarrollo y uso de variedades transgénicas. Todo esto en conjunto deriva en que el costo de producción de esta gramínea sea alrededor de  $\frac{1}{3}$  menor que el que se tiene en México. Aunado a tal situación está el que apartado VII del TLCAN era el único de dicho este acuerdo en el que los intercambios de granos y semillas eran acordados de manera bilateral, esto es entre Estados Unidos y México, lo que explica que las importaciones de maíz amarillo son satisfechas casi en su totalidad en el mercado estadounidense. Una tarea pendiente es conocer qué elementos de ese apartado prevalecieron en lo que ahora es el TEMEC, pero la falta de comunicados por parte de nuestro gobierno federal nos hacen inferir que no deben haberse presentado cambios en esa materia.

Redirijamos ahora la discusión a lo que sucede en nuestro país. El por qué México es un importador y no exportador de esta gramínea se debe a factores edafológicos, climatológicos, de infraestructura y de política alimentaria, entre otros, los cuales trataremos de analizar. En lo que se refiere a condiciones naturales nuestro territorio es predominantemente árido o semiárido, y la mayor parte de los recursos hídricos importantes se encuentran en las regiones sur y sureste lo cual provoca que los suelos que pueden ser más propicios para las actividades agrícolas dependan, salvo un porcentaje reducido, de la temporada de lluvias. Esta situación se ve agravada por la carencia de una infraestructura que permita no sólo una mejor distribución del agua disponible para la agricultura<sup>236</sup>, sino porque tampoco se cuenta con suficientes espacios de almacenamiento

---

<sup>236</sup> Otro problema que complica esta situación es todo lo relacionado con las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), lo cual será verificado en el apartado correspondiente a la biotecnología gris.

ni con vías y medios de transportación suficientes que ayuden a comercializar los granos cosechados<sup>237</sup>.

En lo que se refiere a las cuestiones gubernamentales, legislativas y de mercado interno, toda vez que ya hemos mencionado las referentes al TLCAN, conviene que hagamos hincapié en tres de ellas: una que obedece a las políticas públicas que se han seguido en torno a la importación de maíz; otra que resulta del crecimiento de un segmento del mercado pecuario nacional y una más que responde a la legislación interna representada por la LBOMG. Ya hemos mencionado que durante décadas el abandono del campo mexicano, especialmente en lo que se refiere a los pequeños agricultores, ha sido quizá la causa principal de que nuestro país se haya alejado cada vez más de la autosuficiencia alimentaria. Sobre ello existen muchas pruebas pero la que probablemente refleje como ninguna otra esta situación sea la reforma al Artículo 27 constitucional, llevada a cabo en enero de 1992, mediante la cual las tierras ejidales se volvieron un bien que podría ser incorporado a la compraventa por parte de particulares, como un segmento de una reforma en el agro mexicano que fue considerada como deficiente e incompleta debido a que no se logró aumentar la productividad del agro de manera significativa.

Como parte de esta sinergia hay que resaltar que a partir de los sexenios encabezados de Vicente Fox y Felipe Calderón, el tonelaje de maíz proveniente de Estados Unidos fue mucho mayor a lo que el propio TLCAN tenía contemplado para sus primeras etapas, y que los recursos económicos entregados a los pequeños productores y los mecanismos para que México se beneficiara equitativamente del intercambio comercial con su vecino del norte, fueron por demás ineficientes<sup>238</sup>. A partir de 2008 la descomposición

---

<sup>237</sup> Estas condiciones han sido estudiadas desde hace tiempo. Vid., José Alberto García Salazar y María de Jesús Santiago Cruz, “Importaciones de maíz en México: un análisis espacial y temporal”, en *Investigación Económica*, México, Vol. LXIII, 250, octubre-diciembre 2004: pp. 131-160, Versión electrónica en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v63n250/0185-1667-ineco-63-250-131.pdf> Consultada el 10 de octubre de 2019. Cfr., Steven Zahniser, Op. cit. En esta última se muestra cómo la falta de infraestructura ha sido una constante en México a pesar de la firma del TLCAN, aunque también se hace mención de las pretensiones que tiene el Gobierno federal en México durante el sexenio 2018-2024 de establecer una serie de programas de apoyo a los pequeños agricultores, así como para el desarrollo de infraestructura a nivel nacional que favorezca el almacenamiento y la transportación de maíz.

<sup>238</sup> En ese sentido entre las instituciones y mecanismos que desaparecieron destacamos a la Comisión Nacional de Subsistencia Populares, la cancelación de precios de garantía y la sustitución de los mismos primeramente por una política de concertación de precios y, después, por el establecimiento de precios de

del agro mexicano se agravó aún más, pues el maíz proveniente de Estados Unidos dejó de estar sujeto a la imposición de cuotas arancelarias.

El segundo punto a tratar tiene que ver con el crecimiento dos segmentos del mercado pecuario nacional: el avícola, particularmente el de la producción de huevo y carne de pollo, así como la de ganado porcino. El espacio con el que contamos no nos permite tratar estos elementos con una profusión desmedida; sin embargo, hay que hacer notar que la satisfacción de los requerimientos de proteína animal en la dieta de una población que actualmente sobrepasa los 120 millones de habitantes, ha encontrado en la crianza de estos animales una alternativa mucho más accesible que la que representa el ganado vacuno. ¿Cuál es la relación con el maíz amarillo que importamos? Simple, este último es la base de la alimentación de dichos animales, y conforme crece este mercado también lo hace la importación de ese grano cuya producción se basa en variedades transgénicas.

Con respecto a lo anterior, la LBOGM es la norma fundamental que establece los mecanismos a través de los cuales nuestro país regula la entrada de semillas y granos transgénicos, producto de la Bt. Como cualquier ley ésta no deja de presentar ciertas lagunas, contradicciones y duplicación de funciones, lo cual ya fue mencionado en el apartado correspondiente a la legislación mexicana en torno a los OTG. Sin embargo, cabe añadir que desde su promulgación en 2005, la LBOGM ha reflejado la postura del Gobierno federal en torno a las variedades transgénicas de maíz de grano, esto es, que no pueden ser importadas para consumo humano más que en forma de derivados como lo son las frituras, por ejemplo. Empero, el maíz amarillo con el que se alimenta a las aves de corral y al ganado porcino sí puede importarse, siempre y cuando no se siembre.

Ahora, no debemos olvidar que desde el establecimiento del TLCAN las grandes compañías que controlan el mercado del maíz transgénico han presionado a las autoridades mexicanas, para que éstas permitan la siembra experimental de algunas variedades. Como resultado, para noviembre de 2006 se fijó un "régimen de protección especial del maíz" que permitiría la siembra experimental de variedades transgénicas únicamente en ciertas áreas

---

indiferencia basados en el mercado internacional; así como la reducción notable en el número de beneficiarios de programas como PROCAMPO.

en las que se pudiera controlar el riesgo de un entrecruzamiento genético, tanto con variedades nativas de la gramínea como con sus parientes silvestres.

Así entonces, tras vencer una serie de obstáculos regulatorios, en 2011 tuvo lugar una siembra piloto como un paso previo a la comercialización de estas cosechas tan pronto los estudios y análisis de riesgo correspondientes lo permitieran<sup>239</sup>. Sin embargo la presencia de una contaminación génica en ciertas áreas del sur del país, en las que la siembra de maíz transgénico no estaba permitida, derivó en una moratoria para la importación, siembra, cultivo y comercialización de estas semillas<sup>240</sup>. La respuesta inmediata de las compañías que las produjeron fue entablar una demanda en contra de las autoridades mexicanas correspondientes, argumentando prácticas proteccionistas. Al momento de escribir estas líneas y con la próxima autorización del TEMEC por parte del Congreso estadounidense, se desconoce cuál será el paradero de este proceso legal.

Si conjugamos los elementos que hemos presentado para seguir esta historia que inicio en los años 60 y 70, podemos comprender el por qué la discusión en torno a los maíces transgénicos es de tal relevancia en nuestro país. Para complementar esto presentaremos dos posturas contrastantes, y no conciliatorias, pero que tienen un argumento en común: la imperiosa necesidad por aumentar significativamente la producción de esta gramínea en el mediano plazo. Esto se tiene que lograr sin aumentar las superficies de cultivo pues, a la fecha, esto sólo es posible afectando el uso de suelo y las áreas que deben ser protegidas para la salvaguarda del medio ambiente y la biodiversidad genética presentes en el territorio nacional<sup>241</sup>.

---

<sup>239</sup> “La importación de maíz alcanzará cifra récord en México”, en *Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 10 de mayo de 2012, en

<http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510057/> Consultada el 16 de octubre de 2019. Cfr. el hecho de que otras fuentes indican que la primera siembra de maíz transgénico en nuestro territorio se presentó en 2009, lo que nos hace inferir que la de 2011 fue de una variedad específica cuyo genoma fue identificado en áreas geográficas en las que no debería de estar presente.

<sup>240</sup> “... The Mexican Government readily allows for science-based approvals of GE corn for imports (consumption) but not for cultivation. In september 2013, a provisional injunction issued by a Mexican federal court effectively prohibited both experimental and commercial planting of GE in México (Otero, 2017; Juárez and Harrison, 2018). The Mexican Government does allow other GE crops, namely cotton, to been cultivated in México.” Vid., Steven Zahniser, Op. cit., pp. 16.

<sup>241</sup> Para 2006 el Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP), señalaba la necesidad de plantear una estrategia a nivel nacional que lograra optimizar el papel que tenía la agricultura en México,

## Estimaciones para el consumo de maíz hacia 2030<sup>242</sup>

### Maíz blanco:

- Se estima que entre 2016 y 2030 la producción nacional baje de de 23.67 MMt (millones de toneladas) a 22.86 entre 2016 y 2030 (descenso acumulado: 3.44%).
- Aunque la producción deseable se estima en 22.68 MMt, la potencial podría alcanzar 42.81\*
- El consumo presentará una disminución de 23.68 MMt a 22.86\*

### Maíz amarillo:

- Se estima que el consumo nacional pasará de 14.84 MMt/año a 23.28. En tanto, se proyecta que la producción sólo se incremente de 3.55 a 4.92 MMt\*

\* Mismo periodo de referencia

Lo que hemos presentado hasta ahora, vuelve imperativo señalar nuevamente que una parte considerable de la comunidad científica en México ve en las variedades transgénicas de maíz una alternativa viable, no sólo para conseguir aumentar la producción del grano sino, también, para aminorar muchos de los efectos negativos aparejados a la tecnificación del agro como lo son el empleo de grandes caudales de agua y la contaminación de los mismos así como la del suelo. Debemos insistir en que esto no significa, en absoluto, que quienes apoyan el desarrollo de este ramo de la Bt ignoren que no todas las semillas transgénicas son aptas para ser introducidas en diferentes áreas agrícolas del territorio nacional, lo cual contrasta con el caso estadounidense en donde el

---

particularmente la del maíz, a fin de satisfacer las necesidades alimentarias y de sectores diversos que emplean este grano, y para contribuir a aminorar los efectos del cambio climático al igual que la contaminación de ríos y mantos freáticos. En cuanto a la producción mundial de maíz, la SIAP reconocía que ésta había registrado un crecimiento anual de 2%, muy superior a la experimentada por la superficie de cosecha que tuvo un crecimiento anual de sólo 0.6%, lo cual se explicaba por el empleo de semillas mejoradas y tecnologías de punta. Vid., "Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012". "Reporte del mercado de maíz. Agosto 2019".

<sup>242</sup> "Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo Mexicano", Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B\\_sico-Ma\\_z\\_Grano\\_Blanco\\_y\\_Amarillo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf) Consultada el 15 de octubre de 2019. Cfr., "Situación actual del mercado del maíz (II)", en *El Economista*, 25 de septiembre de 2018, Versión electrónica en <https://www.economista.com.mx/opinion/Situacion-actual-del-mercado-del-maiz-II-20180925-0124.html> Consultada el 16 de octubre de 2019.

empleo de variedades transgénicas, junto con la mejora en los procesos de tecnificación del agro, prácticamente no han sido objetados.

En correspondencia con lo anterior, también debemos reiterar que en nuestro país han sido muchas las voces que se han opuesto a la siembra de OTG. Entre ellas destaco dos: la primera es la de Antonio Turrent Fernández<sup>243</sup>, quien nos ha recordado que la investigación en México sobre el potencial productivo del maíz data desde el primer lustro de los años 60. De hecho, señala este investigador, antes del comienzo de la década de los 80 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otra docena de instituciones y centros de investigación en México, ya habían realizado más de 2,500 experimentos sobre la productividad de la gramínea en las principales regiones productoras del país. Con el tiempo estas investigaciones han llevado a estimar que México podría producir 53 MMt/año sin recurrir a la siembra de variedades transgénicas, aunque sí ejecutando una serie de acciones para aprovechar, de manera eficiente, los terrenos aptos para el cultivo en las zonas en las que los recursos hídricos son abundantes.<sup>244</sup>

La segunda voz opositora a la siembra de maíz transgénico en nuestro país proviene de la iniciativa privada, a saber: la empresa transnacional GRUMA y una de sus filiales el Grupo Industrial MASECA (GIMSA). Siendo el principal corporativo en la producción de tortillas de maíz, se han opuesto a la siembra de maíz transgénico en México ante los efectos negativos que pudiera tener su consumo<sup>245</sup>. Éste es un señalamiento interesante dada la fuerza que tiene dicho corporativo; sin embargo no debemos ignorar tres situaciones fundamentales: la primera de ellas es que hasta ahora no existen estudios concluyentes que prueben que el consumo de maíz transgénico represente un riesgo para la salud humana y/o animal; la segunda es que esto obedece, también, a que GRUMA tiene una presencia importante en el mercado europeo en el que existe un rechazo a los OTG. Por

---

<sup>243</sup> Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

<sup>244</sup> Antonio Turrent Fernández, “El potencial productivo del maíz”, en *Ciencias*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias, núm. 92, octubre-marzo, 2008, pp. 126-129. Versión electrónica en <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/41-revistas/revista-ciencias-92-93/220-el-potencial-productivo-del-maiz.html> Consultada el 09 de diciembre de 2019.

<sup>245</sup> “Maíz transgénico en México”.

último, recordemos que la producción de maíz blanco en nuestro país y a partir de la cual somos prácticamente autosuficientes se basa en variedades mejoradas de esta gramínea<sup>246</sup>.

Ahora, regresando a las posibilidades que otorgarían las variedades no transgénicas para aumentar la producción anual de maíz, lo cierto es que no contamos con la infraestructura a la que se refieren quienes apuestan por esta alternativa, amén de que los maíces criollos también están sujetos al ataque de ciertos insectos y a condiciones de estrés medio ambiental y químico, factores ante los cuales las variedades transgénicas pueden llegar a ofrecer una alternativa.

Cualquiera que sea la decisión que habrá de tomarse en un tiempo relativamente breve, ésta será condicionada por situaciones insoslayables. Por un lado el que Estados Unidos dirigirá una mayor cantidad de su maíz cosechado para la producción de etanol, reduciendo las MMT que destina al mercado de exportación; por el otro, el que México seguirá enfrentándose a la necesidad de abastecer de maíz grano a un sector pecuario en crecimiento<sup>247</sup>.

### 5.3- La biotecnología roja

El aumento en el costo de la atención médica se debe, en parte, a la incorporación de nuevos medicamentos más caros. Una adecuada evaluación del costo de los medicamentos nos obliga a un análisis profundo de su relación beneficio-costos. Con frecuencia se señala que los nuevos medicamentos son caros, cuando en realidad, si se considera la relación beneficio-costos, algunos de estos medicamentos de última generación evitan la necesidad de estancias en el hospital y contribuyen a evitar intervenciones quirúrgicas, lo que finalmente representa ahorros importantes en el sistema de salud.<sup>248</sup>

Sin duda, la biotecnología roja por lo general es una de las ramas en las que los avances de la tecnociencia son mejor aceptados, salvedad de las discusiones referentes a la clonación

---

<sup>246</sup> *Ibidem.*, En la misma fuente se señala que en 2017 de las 8.1 millones de ha sembradas para la obtención de maíz blanco, en el 57.4% de la superficie total se emplearon semillas mejoradas y en el 42.6% semillas criollas.

<sup>247</sup> Steven Zahniser, *Op. cit.*

<sup>248</sup> Tomás Rodríguez Weber, “Para una disponibilidad y acceso de medicamentos más eficiente y efectiva”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, México, Cámara de diputados LXI Legislatura, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, Comité de Competitividad, 2010: pp. 154. Versión electrónica en [http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/257252/766357/file/Situacion\\_del\\_sector\\_farmaceutico\\_en\\_Mexico.pdf](http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/257252/766357/file/Situacion_del_sector_farmaceutico_en_Mexico.pdf) Consultada el 5 de noviembre de 2019.

de seres humanos así como al uso de células embrionarias y/o fetales<sup>249</sup>. De hecho, en lo que se refiere a México, aunque la Bt roja no está señalada explícitamente en la Carta Magna esta última contempla en su artículo 4º el que **“Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general...”**

No obstante que esta disposición constitucional es añeja, las reflexiones e intentos de reglamentación en torno a los medicamentos producidos por la Bt, en realidad, son relativamente recientes y hunden sus raíces sólo hasta el último tercio del siglo pasado, periodo a partir del cual los avances se han ido incrementando hasta volverse vertiginosos. Baste decir que en un lapso menor a una década se logró pasar del primer OTG, en 1973, a la producción de insulina mutlifforme y a la comercialización de esta última al inicio de la década de los 80.

¿Qué ha pasado desde entonces con esta rama de la Bt? ¿Qué representa? ¿Cuáles han sido las políticas gubernamentales en torno a ella? ¿Por qué debe ser incorporada en el estudio de la Historia de la ciencia contemporánea? Comencemos por señalar que a diferencia de la Bt verde aplicada a las plantas, o la gris aplicada a los procesos industriales y a algunos ámbitos de la biorremediación, la que se dirige a la fabricación de medicamentos es aún insipiente no sólo en México sino en el mundo entero y, no obstante, ya se encuentra revestida de una importancia tal que no puede ser ignorada en estudios como el que ahora se realiza.

En nuestro país la historia y andanzas de la industria farmacéutica han sido de largo cuño. De hecho, desde el siglo XVII el Real Tribunal del Protomedicato coordinaba las acciones relativas al manejo de la higiene pública, así como las acciones que debían ser ejecutadas cuando se presentara una epidemia. Más adelante, entre 1841 Y 1917, lo que fue el Consejo Superior de Salubridad se erigió como la instancia gubernamental encargada de

---

<sup>249</sup> Como el resto de la Bt, la que denominamos “roja” ampara a múltiples actividades, pero entre ellas destacamos el diseño e instrumentación de terapias génicas y, por supuesto, la elaboración de fármacos basados en el empleo de OTG. En este capítulo nos concentraremos en este último aspecto toda vez que lo referente a las terapias génicas, sin dejar de estar vinculado con la producción de medicamentos, requiere de análisis mucho más específicos y que no son enteramente aplicables al conjunto de la población en general, como sí en cambio es el caso de la elaboración de biomedicinas.



prevenir y resolver los problemas sanitarios, estableciendo para ello una serie de normas y disposiciones obligatorias en todo el país para lograr tales fines<sup>250</sup>.

Es necesario añadir que entre 1891 y 1983 fueron expedidos varios códigos sanitarios mediante los cuales se reglamentó, en la medida de lo posible, la producción de diferentes medicamentos<sup>251</sup>. Sin embargo, no fue sino hasta 1984 con la expedición de la Ley General de Salud (LGS) que se pudo contar con un **Reglamento de Control Sanitario** y con otro de **Insumos para la Salud**, los cuales han ido experimentando algunas transformaciones que nos permiten explicar en el terreno de lo jurídico diferentes propuestas que incluyen tanto a las NOM referentes a la irrupción de los medicamentos biotecnológicos en el mercado nacional, como a las que tratan sobre los medicamentos bioequivalentes. Ahora, ¿a qué nos referimos con los medicamentos biotecnológicos y qué semejanzas o diferencias guardan con los fármacos tradicionales?

Aunque ya hemos ofrecido una discusión al respecto conviene recordar que a la fecha existen dos tipos de fármacos. Por un lado están los químicamente convencionales, obtenidos a partir de procesos físico-químicos con los cuales se genera una molécula específica. Por el otro se encuentran los medicamentos biotecnológicos obtenidos a partir de proteínas u otras sustancias producidas por organismos vivos, como lo pueden ser diferentes tipos de células animales y vegetales, bacterias e incluso algunos tipos de virus<sup>252</sup>. En ambos tipos de fármacos existen los que son llamados de patente y los que son producidos una vez que la patente expira, de tal forma que hablamos de medicamentos genéricos intercambiables y de bioequivalentes o biocomparables. Para el caso de los medicamentos obtenidos a través de la Bt la NOM-257-SSA1-2014, tras una modificación en su artículo 222 Bis que entró en vigor en 2009, señala puntualmente que en materia de medicamentos biotecnológicos, en nuestro país sólo puede y debe haber medicamentos biotecnológicos innovadores y medicamentos biotecnológicos biocomparables<sup>253</sup>.

---

<sup>250</sup> Vid., <http://www.csg.gob.mx/consejo/historia.html> Consultada el 28 de enero de 2020.

<sup>251</sup> Ibidem.

<sup>252</sup> Juan Carlos Gallaga Solórzano, et. al., “Medicamentos biotecnológicos”, en *REVISTA COFEPRIS. Protección y salud*, Núm. 1, (s/f). Versión electrónica en <http://revistacofepris.salud.gob.mx/n/no1/ciencia.html> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

<sup>253</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-257-SSA1-2014, En materia de medicamentos biotecnológicos, SECRETARIA DE SALUD, Estados Unidos Mexicanos; DOF, 11 de diciembre 2014, [citado el 17-01-

A pesar de que el tema del segmento que ahora se desarrolla es el de la Bt roja, en el avance e importancia de los medicamentos biotecnológicos y biocomparables no puede ser ignorado el papel que, previamente, adquirieron los genéricos intercambiables. Desde el punto de vista de la propiedad intelectual fue con la promulgación de la Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Industrial, en 1991, que se legisló con claridad sobre la patentabilidad de los productos farmacéuticos lo que provocó la confrontación de dos situaciones. Por un lado estaba la certidumbre que se otorgaba a un laboratorio para que éste produjera un medicamento, cuyo consumo patentado produjera ganancias en su favor con las cuales se recuperarían los costos de investigación, al tiempo que se generaría una sinergia en la que los excedentes volvieran a ser invertidos para la producción de nuevos fármacos. Esto, en principio, generaría un mercado competitivo en el que los principales beneficiarios serían los consumidores en general y el Sector Salud<sup>254</sup>.

Por otro lado, esta Ley provocó que muchos laboratorios recuperaran ciertas invenciones que ya habían pasado a formar parte del dominio público, y que no volverían a él sino hasta pasados 20 años<sup>255</sup>. Con el tiempo el “Reglamento de Insumos para la Salud”,

---

2020]; Disponible en versión HTML en internet: <http://sidof.segob.gob.mx/notas/5375517> Consultada el 17 de enero de 2020. Cfr., “Regulación de Medicamentos Biotecnológicos en México”, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, en

[https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi\\_encuentro/Ponencias/Mexico\\_Biosimilares\\_AHernandez.pdf](https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi_encuentro/Ponencias/Mexico_Biosimilares_AHernandez.pdf) Consultada el 05 de noviembre de 2019. En esta última se establecen algunas diferencias entre los fármacos obtenidos con base en la Bt, a saber: Medicamentos biotecnológicos innovadores, de referencia y biocomparables. Los innovadores son todos aquellos obtenidos por medio de las técnicas empleadas en la biología molecular y, una vez que estos han sido reconocidos como tales por la Secretaría de Salud, se les toma como medicamentos biotecnológicos de referencia. Por su parte los medicamentos biotecnológicos biocomparables, también conocidos como biosimilares o bioequivalentes, son los que a pesar de obtenerse por medio de la Bt no son molecularmente idénticos a los de referencia. Esto último obliga a quienes los producen a cumplir con una serie de requisitos y seguimientos durante toda la vida del producto en los que se muestra que tienen los mismos efectos que el biofármaco de referencia.

<sup>254</sup> Es necesario aclarar que en nuestro país el sistema mexicano de salud comprende al sector público y al sector privado. Ante la importancia y trascendencia del primero de ellos, de ahora en adelante en este trabajo nos referiremos a él como el Sector Salud.

<sup>255</sup> Heidi Lindner, “Propiedad industrial”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, pp. 119-125. Cfr., Óscar García Correa, “Industria farmacéutica”, PROMÉXICO, Unidad de inteligencia de Negocios, 2015, 15 p. Versión electrónica en

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76324/111115\\_DS\\_Farmacutico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76324/111115_DS_Farmacutico.pdf) Consultada el 11 de noviembre de 2019. En este documento se menciona que las patentes caducan 15 años después de haber sido registradas. A esta información debe añadirse que muchos laboratorios, a fin de preservar su dominio sobre las patentes próximas a vencer, lo que hacen es registrar algunas variantes con lo que sus derechos de propiedad intelectual sobre el fármaco en cuestión se ven extendidos. Sobre la vigencia que tiene una patente, Raúl Mexiueiro apunta que ésta inicia toda vez que un laboratorio registra la línea de investigación por medio de la cual busca obtener un fármaco determinado. En promedio estas investigaciones, junto con los trámites

promulgado en 1998 como una derivación de ciertas reformas a la LGS, contempló que los medicamentos genéricos intercambiables una vez que cumplieran con los requisitos de seguridad y equivalencia, establecidos por el Consejo General de Salud y la Secretaría de Salud (SSA), serían incluidos en el Cuadro Básico de insumos para el primer nivel así como en el Catálogo de Insumos para el segundo y tercer nivel de atención médica<sup>256</sup>.

Lo anterior es particular importancia para la historia sobre los medicamentos biotecnológicos, en primer lugar porque los genéricos intercambiables fueron los primeros fármacos a los que, siendo producidos a partir del vencimiento de las patentes respectivas, se les introdujo como una alternativa para los consumidores así como para las entidades que conformaban el Sector Salud<sup>257</sup>. En segundo término porque dicho Reglamento ya contemplaba una mención incipiente, pero significativa, sobre los productos biotecnológicos los cuales incluían a los biofármacos y a los biomedicamentos, ambos obtenidos a partir del empleo de la Bt molecular. Al respecto debe añadirse que mientras los biofármacos eran considerados como toda sustancia que pudiera ser empleada como principio activo o ingrediente de un medicamento, los biomedicamentos se tenían como toda sustancia con efecto preventivo, terapéutico o rehabilitatorio<sup>258</sup>.

Si bien los genéricos intercambiables, muchos de los cuales han sido producidos localmente, fueron incorporados en el cuadro de medicamentos básicos del Sector Salud, todavía para 2008 estos no representaban un porcentaje altamente significativo entre los consumidores a lo que se debe de sumar que, a fin de asegurar el abastecimiento de medicamentos, las administraciones federales de 2006-2012 y 2012-2018 facilitaron la

---

que autorizan la producción y venta del medicamento duran cinco años lo que deriva en que en términos prácticos, esto es de venta del fármaco, la exclusividad tenga una vigencia promedio de 15 años. Entrevista a Juan Raúl Mexiueiro, realizada el 30 de marzo de 2020.

<sup>256</sup> “Reglamento de Insumos para la Salud”, Versión electrónica en <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/ris.html> Consultada el 29 de enero de 2020. Complementando la información aquí presentada añadimos que la atención ofrecida por las instituciones públicas de salud se divide en tres niveles. El primero de ellos lleva a cabo acciones de promoción de la salud, prevención de enfermedades y atención ambulatoria a los padecimientos más frecuentes que son tratados por los médicos generales y el personal de enfermería. En el segundo nivel se ofrece atención a los pacientes en hospitales generales y de especialidad, en los que se cuenta con servicios de laboratorio e imagenología. En el tercer nivel la atención brindada es sumamente especializada y de mayor complejidad, llegando a darse actividades de investigación clínica.

<sup>257</sup> Ibid., Capítulo VII. Medicamentos Genéricos Intercambiables.

<sup>258</sup> Ibid., Capítulo VIII. Medicamentos biotecnológicos.

importación de los mismos. ¿Qué sucedía mientras tanto con los medicamentos biotecnológicos?<sup>259</sup>

Para 2008 se estimaba que el 15% de las medicinas ya era producido por medio de la Bt molecular; sin embargo, las proyecciones indicaban que para los siguientes años ese porcentaje se elevaría al 50%, lo que obligaba al Gobierno federal y al Sector Salud a tener en consideración que entre 2011 y 2012 caducarían las patentes de un número considerable de biomedicamentos<sup>260</sup>. Sobre lo anterior los representantes de la industria farmacéutica nacional se pronunciaron frecuentemente para que, con base en una política pública acertada que contemplara diversos estímulos, se sentaran desde ese momento los cimientos para que aquélla pudiera enfrentar en el corto plazo y en mejores condiciones de competitividad a los grandes laboratorios transnacionales. El resultado, en principio, sería que tanto las instituciones públicas de salud<sup>261</sup> como los consumidores nacionales podrían

---

<sup>259</sup> A este respecto hay que señalar que la eliminación del requisito de planta, esto es que en el país se contara con las instalaciones necesarias para producir un fármaco, si bien facilitó la entrada de medicamentos generados en otros países con costos altamente competitivos generó, al mismo tiempo, severas dificultades para la industria farmacéutica nacional ya establecida.

<sup>260</sup> Las fuentes disponibles que hablan sobre la cantidad de biofármacos próximos a ver vencida su patente, si bien no son cuantiosas sí son significativas. Entre ellas podemos destacar, por ejemplo, a Helgi Jung Cook adscrita al Departamento de Farmacia de la Facultad de Química de la UNAM, quien en 2017 señaló que en los próximos años vencerían entre 40 y 50 patentes, lo que podría dar pie a que los laboratorios del país participaran de ese mercado al tiempo que la población tendría mayor acceso a tales medicamentos debido a su menor costo, comparado con los biofármacos. *Vid.*, “Son los medicamentos biocomparables un área de oportunidad para los laboratorios mexicanos.”, Seminario de Helgi Jung Cook, Departamento de Farmacia”, Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, 09 de junio de 2017, en <https://quimica.unam.mx/medicamentos-biocomparables/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

<sup>261</sup> Conviene aclarar que el Sistema de Salud en México comprende al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), siendo ésta la entidad más importante tanto por el número de afiliados como por las investigaciones clínicas que se realizan en ella. Le siguen en relevancia el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina (SEMAR) y otras instituciones más que en conjunto prestan atención médica a los trabajadores ubicados en la economía formal. De igual manera han de contarse a las instituciones que amparan a quienes no cuentan con seguridad social: la Secretaría de Salud (SSA), los Servicios Estatales de Salud (SESA), el Programa IMSS-Oportunidades (IMSS-O) y, claro está, el Seguro Popular de Salud (SPS). *Vid.*, Octavio Gómez Dantés, *et. al.*, “Sistema de Salud en México”, en *Salud Pública de México*, [S.l.], V. 53, mar. 2011, Versión electrónica en

<http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5043/10023> Consultada el 30 de enero de 2020.

Vale la pena señalar que entre los proyectos del Gobierno federal 2018-2024 está una reestructuración del Sistema de Salud la cual contempla, entre otros cambios, la desaparición del Seguro Popular y la sustitución del mismo por el Instituto de Salud para el Bienestar (Insabi).

beneficiarse ampliamente de los bioequivalentes<sup>262</sup>, como ya había sucedido con los genéricos intercambiables<sup>263</sup>.

Lo expuesto anteriormente empata con la periodización de este trabajo en la cual se señala que, claramente, desde la década de los 60 nuestro país experimentó una serie de transformaciones que incluyeron: un pronunciado crecimiento demográfico, la concentración de la población nacional en los centros urbanos en detrimento de las áreas rurales, el envejecimiento poblacional, cambios en la alimentación y otras costumbres así como un aumento en la esperanza de vida que, en conjunto, serían factores clave en la transformación de las prácticas médicas y, como veremos más adelante, también en la medicación.

Ante estos cambios los institutos de salud, en sus tres niveles, han tenido que hacer frente al aumento de casos de afecciones crónico degenerativas tales como la Diabetes mellitus, diversos tipos de neoplasias, el Alzheimer o la enfermedad de Parkinson, que han aumentado su tasa de crecimiento conforme la esperanza de vida también lo ha hecho. A esto debe sumarse la resistencia adquirida por diversos agentes patógenos a los fármacos químicamente convencionales y la aparición de nuevas enfermedades, como lo fue en su momento el VIH, u otras enfermedades retrovirales como la influenza estacionaria con la cepa H1N1, la cual ha ido presentando variantes desde su aparición en 2009. Esto por no hablar del riesgo que representa para la humanidad en su conjunto la reaparición de brotes de afecciones como el sarampión, los cuales han sido registrados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en los últimos años, y en fechas muy recientes el SARS-CoV2 (COVID-19).

Regresando con la historia de los biofármacos, en 2009 la LGS fue reformada de manera tal que al artículo 222<sup>264</sup> se le adicionó el artículo 222 Bis, el cual incorporaba a los

---

<sup>262</sup> Al igual que sucede con los medicamentos bioetecnológicos, los bioequivalentes a pesar de las ventajas que representa su utilización también han dado lugar a un intenso y amplio debate el cual, no obstante su importancia, no es tema de esta discusión sobre la Historia de la ciencia contemporánea, sino de la Bioética.

<sup>263</sup> Vid., “Biocomplables, opción para reducir costos en el sistema Nacional de Salud”, Gobierno de México, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 29 de noviembre de 2017, en <https://www.gob.mx/cofepris/articulos/biocomplables-opcion-para-reducir-costos-en-el-sistema-nacional-de-salud-136953?idiom=es>, Consultada el 05 de noviembre de 2019.

<sup>264</sup> En este artículo la SSA concedería la autorización correspondiente a los medicamentos sólo cuando la seguridad y eficacia de los mismos fuera comprobada.

fármacos biotecnológicos en el cuadro de medicamentos básicos. Eventualmente esta legislación fue ampliada a través de nuevas disposiciones establecidas entre las que destacamos el Reglamento de Insumos para la Salud; la NOM.EM.001-SSA-2012 sobre la fabricación de Medicamentos biotecnológicos y sus biofármacos; la NOM-177-SSA1-2013, referente a los requisitos para cumplir con las pruebas de intercambiabilidad y estudios de biocomparabilidad; y la NOM.257.SSA1-2014, en materia de medicamentos biotecnológicos<sup>265</sup>.

Previamente se ha mencionado que el primer medicamento biotecnológico, la insulina recombinante, fue producido a partir de 1982 lo que por sí mismo nos muestra que la aparición de que este tipo de fármacos es relativamente reciente. Sin embargo, de acuerdo con la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), en 2017 ya se contaba con 87 productos biotecnológicos autorizados en el país y 20 más en proceso de aprobación. Esto muestra que en los últimos años se ha generado un consenso en el que se acepta que este tipo de medicamentos ha mostrado ser la alternativa que transformará, en un tiempo relativamente breve, tanto a las prácticas como a la prescripción médica<sup>266</sup>.

Aunque no puede negarse que la Bt roja aplicada en la industria farmacéutica vuelve a ésta un sector estratégico para el país, en tanto historiadores no podemos conformarnos con un mero señalamiento por más verás que éste sea. Así entonces, ¿Cómo puede defenderse el estatus de estratégico para dicha industria? Los criterios son varios y quizá, como muy pocas ramas de la economía, esta actividad cumple con todos los requisitos: produce divisas, genera numerosos empleos directos e indirectos, se vincula con diferentes sectores y actividades económicas, puede llegar a reducir la dependencia del país causada por la necesidad de importar un bien determinado, y adiciona un alto valor agregado a los

---

<sup>265</sup> Vid., “Regulación de Medicamentos Biotecnológicos en México”.

<sup>266</sup> Vid., “Biocomparables, opción para reducir costos en el sistema Nacional de Salud”. Cfr., Arely Sánchez, “Cambia biotecnología modelo farmacéutico”, *Reforma*, México, 27 de mayo de 2019, pp. 14. En este artículo se menciona que, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica (AMIF), en nuestro país se contaba con 71 medicamentos biotecnológicos y 12 biocomparables o bioequivalentes disponibles, todos ellos autorizados por la COFEPRIS, mismos que abarcaban áreas terapéuticas como: medicina interna, oncología, hematología, dermatología, nefrología, endocrinología, reumatología y gastroenterología. De manera específica los biocomparables permitirán, en el mediano plazo, una reducción del 50% en las licitaciones del Sector público.

productos que se manufacturan, etc. Si esta actividad es entendida como estratégica, entonces, de igual forma debe ser entendida como indispensable para la seguridad nacional.

Considerando lo anterior es fácil comprender y aceptar el por qué Thomas Friedman, en *The World is Flat*<sup>267</sup>, resalta que el conocimiento, más que la mano de obra barata o la sola posesión de recursos naturales, es en realidad la clave para el crecimiento de los individuos, las empresas y los países en general. De hecho el bienestar de estos últimos, como se ha señalado reiteradamente, está directamente relacionado con el gasto ejercido en ciencia y tecnología. Un ejemplo de lo anterior está en el socio comercial más importante de nuestro país: Estados Unidos. Desde el año 2000 la Unión Americana ha invertido más de 500 mil millones de dólares en la investigación y desarrollo de 5 mil medicamentos biológicos potenciales. Para 2007 este financiamiento había generado alrededor de 400 mil empleos directos y cerca de dos millones de de manera indirecta<sup>268</sup>. En comparación, hacia 2014 en México la industria farmacéutica en general empleaba tan sólo a 59,386 personas<sup>269</sup>.

En nuestro país el número de empleos es otro elemento con el que podemos rastrear el devenir de la Bt en la industria farmacéutica que, no obstante su importancia, ha ido perdiendo terreno y competitividad a nivel internacional lo que a su vez se traduce en una menor generación de empleos y divisas. Mientras que en los años 70 se tenía un saldo positivo considerable en la balanza comercial de fármacos, para los años 80 esta situación había comenzado a revertirse llegando a un punto de equilibrio en 1990, año a partir del cual el saldo en la balanza comercial evolucionó hasta volverse enteramente deficitario. Esta situación llevó a que los representantes de la industria farmacéutica nacional señalaran que entre 1994 y 2008 el promedio de medicamentos importados anualmente había aumentado de un 10% a un 38%, alertando también que para ese último año, 2008, se corría la posibilidad de perder la planta productiva que habría logrado ser generada en las décadas anteriores. En concordancia con estos señalamientos hay que apuntar que para 2014, en

---

<sup>267</sup> Friedman, Thomas, *The World is flat*, citado por Tonathih Ramírez Reivich en “Competitividad en el sector farmacéutico”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, pp. 107-110.

<sup>268</sup> Martino Gutiérrez Llaguno, “Prioridades para el sector”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, pp. 255-257.

<sup>269</sup> Óscar García Correa, *Op. cit.*

tanto que la producción nacional de fármacos era equivalente a 1,430 millones de dólares (mmd), las importaciones ascendían a 4,939 mdd<sup>270</sup>.

Lo mismo que en el caso de los productos generados por la Bt verde, el que nuestro país presente una situación de franca dependencia en cuanto a la producción de medicamentos biotecnológicos y bioequivalentes no nos condena a permanecer en esta situación de manera indefinida.<sup>271</sup> Por supuesto, es por demás naif pensar que una patente puede ser ignorada<sup>272</sup>; sin embargo, los propios acuerdos comerciales de los que México es signatario, muy particularmente lo que fue el TLCAN, contemplan recursos a los que podría apelar nuestro país para mejorar la integración nacional, y el valor agregado de los productos fabricados en él así como la competitividad de este ramo industrial<sup>273</sup>. Pero para lograr esto, de nueva cuenta, se requiere de un ejercicio político de mayor alcance que involucre tanto al Poder Legislativo como al Ejecutivo y a la propia iniciativa privada,<sup>274</sup> que, hasta hace pocos años comenzó a participar en las investigaciones clínicas llevadas a

---

<sup>270</sup> Ibidem.

<sup>271</sup> Conviene destacar una nota periodística publicada cuando se escribían estas líneas, la cual señalaba que **Probiomed** era la única compañía farmacéutica mexicana que desarrolla y produce medicamentos biocomparables de alta calidad, Vid., Areli Sánchez, “Cambia biotecnología modelo farmacéutico”, en *Reforma*, México, 27 de mayo de 2019, pp. 14. Cfr., Autores como F. Bolívar Zapata, en diferentes obras y espacios, han señalado desde hace tiempo la importancia y potencial de esta rama de la industria a la que, por razones que deberán ser analizadas en otro trabajo, los capitales nacionales no han prestado la atención debida. Sin embargo, Raúl Mexiueiro señaló que la situación de Probiomed distaba de ser la mejor a causa de una serie de demandas internacionales interpuestas en su contra por Laboratorios Roche.

<sup>272</sup> Hay que señalar que los éxitos que en ese sentido han logrado países como Brasil e India responden a otras circunstancias de las cuales, no obstante, también podríamos aprender algo. Es pertinente señalar que México está suscrito al Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC). En éste se señala que las patentes deben contribuir al avance de las economías menos desarrolladas fomentando la innovación y la transferencia y difusión de tecnología, todo en beneficio recíproco de los generadores así como de los receptores y usuarios de conocimientos tecnológicos. De tal forma, el acuerdo sobre los ADPIC contempla mecanismos mediante los cuales México podría enfrentar de mejor manera lo que a su vez ha sido acordado en los tratados internacionales en relación a las patentes de medicamentos. Vid., Heidi Lindner, Op. cit., pp. 119-125.

<sup>273</sup> Jaime Uribe de la Mora, “Competitividad e innovación en el sector”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, pp. 207-211.

<sup>274</sup> Quizá el ejemplo más claro que podemos ofrecer al respecto es que en una fecha tan reciente como el 28 de mayo de 2018, la SSA exhortaba a la COFEPRIS a “... analizar la viabilidad técnica y jurídica de instrumentar las acciones administrativas y normativas que consideren respecto a la aplicación de la denominada Cláusula Bolar”, por supuesto, en relación a los medicamentos bioequivalentes lo cual se había añadido como una posibilidad en el Reglamento de Insumos para la Salud desde finales de 2011. Vid., [https://www.senado.gob.mx/sgsp/respuestas/63/2/2017-08-23-1/CP2R2A-6026\\_SEGOB\\_SALUD.pdf](https://www.senado.gob.mx/sgsp/respuestas/63/2/2017-08-23-1/CP2R2A-6026_SEGOB_SALUD.pdf) Consultada el 15 de enero de 2020. Debe ser añadido que la Cláusula Bolar se refiere a una decisión del Tribunal Federal de Estados Unidos, el cual dictaminó como legal la posibilidad de que cualquier farmacéutica pudiera iniciar las actividades preparatorias para la producción de un genérico intercambiable, previamente al vencimiento de la patente de dicho fármaco.



cabo en México, a través de clínicas y hospitales privados, las cuales siguen siendo ejecutadas mayoritariamente por el Sector Salud<sup>275</sup>.

Así entonces, mucho es lo que aún debe ser transformado en nuestro país para lograr un mejor aprovechamiento y desarrollo de la Bt roja. Lo mismo que sus contrapartes verde y gris, aquella debe voltear hacia la riqueza genómica que tenemos en México. Si, como se ha hecho hincapié en esta investigación, contamos con los recursos materiales y humanos para pasar de ser un país dependiente tecnológicamente, y sujeto a una vastedad brutal de patentes en las que la Bt está involucrada, a uno que no lo sea entonces ¿Por qué no nos decidimos a promover los cambios necesarios para revertir dicha situación en las políticas públicas, en las legislaciones correspondientes, en todo lo relacionado con las inversiones en CyT?

Para concluir esta breve disertación sobre la historia de la Bt roja en nuestro país presentaremos un dato relativamente reciente, pero tristemente constante, que muestra el camino que hemos seguido y que, al parecer, nos negamos a modificar. Hacia 2008 PEMEX tenía ventas anuales por la producción de crudo equivalentes a 180 mil mdd. Ya desde 2008 las proyecciones mostraban que la capacidad productiva de crudo por parte de nuestro país iría disminuyendo conforme se agotara lo que en su momento fue el yacimiento más grande del mundo: Cantarel. De tal forma y tomando como punto de partida 2008, para 2018 PEMEX habría obtenido 1.8 billones de dólares. ¿Qué sucede en otras latitudes? Tan sólo en la Unión Americana en San Diego, California, se proyectaba que cerca de 700 empresas que conformaban un *bioclúster* en pocos años producirían 5.4 billones de dólares. Así entonces ¿Cuál es la riqueza que tenemos ahora? ¿Dónde estará dicha riqueza en los próximos años?, ¿Qué haremos con respecto a ésta y otras biotecnologías?<sup>276</sup>

---

<sup>275</sup> Ana Luisa Sesman Bernal, “La investigación científica en México”, en *Revista COFEPRIS. Protección y Salud*, 02 de febrero de 2017, en <http://revistacofepris.salud.gob.mx/n/no8/ciencia.html> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

<sup>276</sup> Vid., Julio Portales Galindo, Incentivos para fomentar la competitividad de la industria”, en *Situación de sector farmacéutico en México*, pp. 241-244.

## 5.4- La biotecnología gris

Antes de comenzar a estudiar la historia reciente de esta rama de la biotecnología en México es necesario recordar que todas las actividades humanas, entre ellas las agropecuarias, las industriales, el comercio y el propio consumo humano, generan residuos orgánicos e inorgánicos que han tenido afectaciones diversas sobre los ecosistemas y el medio ambiente a lo largo de los siglos. Empero, considerando que nuestra investigación se enfoca en la Bt, lo que ahora ofrecemos se basa en datos recientes que nos muestran los escenarios a los que actualmente nos enfrentamos en cuanto al deterioro medioambiental, y las perspectivas que se presentan para las próximas décadas así como el conjunto de normas y políticas públicas que, desde finales del siglo XX, se han ido estableciendo para que los procesos de biorremediación sean aplicados en nuestro país.

Si bien prácticamente todos los tipos de Bt se vinculan entre sí, probablemente sea la gris aquella en la que esta relación es más notoria a partir de los dos elementos más claramente afectados por las actividades humanas, que no los únicos, a saber: el suelo y el agua. Para ilustrar esta disertación preguntémosnos ¿Qué representa en términos de consumo de agua y generación de residuos contaminantes la producción de un kg de carne, un kg de maíz y la de una playera de algodón de 250 gr?

Tan sólo en consumo de agua de primer uso, un kg de carne requiere 15,415 litros, el de maíz 1,222, y la playera 2700. A esto deben agregarse toda clase de químicos empleados en dichos procesos de producción que generan, a su vez, diversos tipos de desperdicios contaminantes. Si a estos ejemplos sumamos la producción de fármacos, la de energía eléctrica o la industria petroquímica, sin olvidar el propio consumo humano, las afectaciones se vuelven tanto más amplias como complejas en su resolución. Es aquí donde la Bt gris dirigida a los procesos de biorremediación ha ido cobrando un papel cada vez más importante pero que aún se encuentra muy lejos de ser aprovechado en una forma más cabal.

Ahora, ¿Cómo debemos entender la biorremediación? ¿Qué organismos son empleados? ¿En qué circunstancias debe aplicarse una técnica y/o proceso específico en lugar de otro? Como es de esperarse la definición de biorremediación no es enteramente

homogénea, sin embargo una constante es el que ésta se basa en las técnicas empleadas para limpiar los suelos y las aguas, que han sido contaminados por agentes no biodegradables, a partir del uso del uso de diferentes organismos, transgénicos o no, como lo pueden ser bacterias, protozoos, hongos, microalgas u otro tipo de plantas e incluso árboles.

Ya que la biorremediación emplea diferentes seres vivos ésta puede ser dividida con base en cuáles de ellos son utilizados. Los términos dependen de la fuente consultada pero es común encontrarse con algunos tales como la degradación enzimática, la remediación microbiana, fitorremediación, biopilas, biolabranza y bioaumentación, por sólo citar algunos<sup>277</sup>. Es importante aclarar que dependiendo de los microorganismos empleados existen dos tipos de procesos: el aeróbico y el anaeróbico<sup>278</sup>. La forma en la que trabajan los seres vivos con los que se llevan a cabo las diferentes técnicas de biorremediación es relativamente simple de explicar: toda vez que un suelo o el agua han sido contaminados con desechos que no se degradan por sí solos, sean orgánicos o inorgánicos<sup>279</sup>, o que dicho

---

<sup>277</sup> Vid., Carolina Montes Muños, “La Biotecnología, Eficaz en el Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos de Hidrocarburo”, en *Petroquímex. La revista de la industria energética*, Versión electrónica en <https://petroquimex.com/la-biotecnologia-eficaz-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-y-residuos-de-hidrocarburo/> Consultada el 28 de octubre de 2019. Iturbe Argüelles, Rosario, *¿Qué es la biorremediación?*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Dirección General de Divulgación Científica, Gobierno del Distrito Federal, 2010, 20 p., Versión electrónica en [http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb\\_11.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb_11.pdf) Consultada el 28 de octubre de 2019.

<sup>278</sup> En lo que se refiere a los procesos de depuración aerobia o aeróbica, los microorganismos empleados, principalmente bacterias y protozoos, emplean el oxígeno para llevar a cabo su metabolismo. En presencia de dicho gas estos organismos actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta en el agua, transformándola en gases o materia celular que puede ser separada mediante un proceso de sedimentación. En lo que se refiere a los microorganismos anaerobios o anaeróbicos estos no emplean oxígeno en su metabolismo, sino otras sustancias y/o elementos. Dependiendo del sustrato que se busca degradar se emplean unos u otros. Vid., Violeta Anguiano, *et. al.*, “Sistemas aerobios y anaerobios”, Instituto Tecnológico de Tijuana, febrero de 2012, en

<https://es.slideshare.net/CesarRenteria2/sistemas-aerobios-y-anaerobios> Consultada el 22 de febrero de 2020.

<sup>279</sup> “Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y en los que únicamente se presentan enlaces covalentes carbono-carbono o carbono-hidrógeno, son conocidos como “hidrocarburos”. En muchos casos también contienen oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, boro, halógenos y otros elementos. Algunos compuestos orgánicos son usados como combustibles, de los cuales un buen número se deriva del petróleo, por ejemplo: gasolinas, gasóleo, diesel, gas natural o metano, carbón entre otros. También un número importante de estos compuestos forman parte de las moléculas de plantas y animales, por lo que se les conoce como biomoléculas.

Los compuestos inorgánicos están formados por distintos elementos, pueden ser óxidos, bases, ácidos o sales. Un reducido número de compuestos que contienen carbono se clasifican como inorgánicos, entre éstos se encuentran: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los compuestos que contienen carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y cianuro (CN<sup>-</sup>).” Vid.,

proceso se logre a través de lapsos de tiempo extraordinariamente largos, estos organismos que pueden existir en el propio sitio contaminado o provenir de algún laboratorio son capaces de retirar paulatinamente a dichos agentes contaminantes, incluyendo metales pesados o iones radioactivos, recolectándolos y/o transformándolos en sustancias más simples y menos nocivas para el medio ambiente y la vida en general.

Por supuesto, si bien la biorremediación es la alternativa más amigable para la recuperación de un medio ambiente afectado, no por ello su aplicación ofrece los resultados más rápidos ni los más económicos. A ello hay que añadir que se deben llevar a cabo los estudios pertinentes en cada caso en particular para conocer cuál es la técnica más conveniente, a sabiendas de que no existe proceso que sea 100% inocuo y eficaz<sup>280</sup>. Dependiendo de la concentración y el tipo de contaminantes, así como las características de los suelos o el agua afectados estos tratamientos pueden, incluso, no ser la alternativa más adecuada para enfrentar la contaminación causada por agentes fisicoquímicos diversos.

Como es de esperar por nuestra propia historia y por algunos de los recursos naturales con los que contamos, las actividades mineras, la industria petroquímica, así como el consumo de agua para las actividades agropecuarias, industriales, comerciales y el uso humano, son las principales causantes en la contaminación de suelos, corrientes y cuerpos de agua. Para el estudio que ahora presentamos en torno a la Bt gris agruparemos a las actividades de la industria petrolera en un rubro, y en otro a todas las demás incluyendo al comercio y el propio consumo humano.

Así entonces, volviendo al caso de los derrames de petróleo y sus derivados, desde hace décadas ya se conocía la existencia de organismos simbióticos que podían existir en

---

<https://el.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica1/unidad2/combustion/compuestos> Consultada el 22 de febrero de 2020.

<sup>280</sup> Las aguas residuales independientemente de su composición química producen por sí mismas gases de efecto invernadero (GEI) sean o no tratadas. Cuando lo son, dependiendo de los procesos empleados, los GEI más comunes que se generan son el Metano y el Óxido Nitroso los cuales son mucho más perniciosos para el medio ambiente que el Dióxido de Carbono. *Vid.*, *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018, 191 p., Versión electrónica en

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas\\_residuales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas_residuales.pdf) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

ambientes en donde hubiera petróleo, y que estos eran capaces de degradar a aquél. De manera más específica desde los años 50 se sabía de la capacidad que en ese sentido tenían ciertas microalgas, cuyo uso se generalizó en los años 70 con ese propósito. Ahora, a pesar de las ventajas que éstas ofrecen, es necesario señalar que aún no han sido plenamente estudiadas lo mismo que ciertas bacterias con las que pueden llegar a interactuar. Para tiempos tan recientes como 2006, las aportaciones para el diseño de equipos y técnicas con los cuales remover compuestos orgánicos aún eran escasas<sup>281</sup>.

A lo anterior debe añadirse que hace apenas unos lustros se han descubierto bacterias en el fondo marino del Golfo de México<sup>282</sup>, uno de los medio ambientes más afectados por la extracción de crudo<sup>283</sup>, cuyo proteoma ha generado líneas de investigación recientes con el fin de que estas bacterias logren ser cultivadas en laboratorios, buscando que puedan ser introducidas en áreas en las que se presenten derrames de crudo u otros contaminantes. Eso, insistimos, debe hacerse tomando en cuenta las características de la microbiota endémica que por sí misma también puede ayudar a enfrentar los problemas generados por tales derrames<sup>284</sup>.

---

<sup>281</sup> “Las microalgas y cianobacterias comienzan a jugar un papel cada vez más importante en el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos orgánicos y fracciones del petróleo. Sin embargo, es necesario profundizar en el estudio de su comportamiento, fisiología, interacción con el ambiente, metabolismo, co-metabolismo, producción masiva, así como en los parámetros cinéticos que involucren la degradación de los compuestos orgánicos, con el fin de desarrollar un proceso rentable a nivel industrial.” *Vid.*, Ronald Ferrera-Cerrato, *et. al.*, “Procesos de biorremediación en suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos”, *Revista Latinoamericana de Microbiología*, s/p, Asociación Latinoamericana de MICROBIOLOGÍA, Vol. 48, No. 2, abril-junio 2006, pp. 179-187, Versión electrónica en <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamico/mi-2006/mi062s.pdf> Consultada el 28 de octubre de 2019.

<sup>282</sup> Para 2019 se conocían aproximadamente 15 géneros de bacterias que habitan el fondo marino capaces de degradar hidrocarburos. Entre las líneas de investigación y desarrollo que han generado estos hallazgos está el intentar cultivar a dichas bacterias en condiciones de laboratorio, a fin de emplearlas en el futuro en procesos de biorremediación. Estas investigaciones son realizadas actualmente por el Consorcio de Investigación del Golfo de México. *Vid.*, José Luis Rodríguez y Liliana Pardo López, *Investigación y Desarrollo*, 21 de enero de 2018, en

<https://invdes.com.mx/los-investigadores/bacterias-del-golfo-de-mexico-su-distribucion-y-potencial-aplicacion-biotecnologica-2/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

<sup>283</sup> En 2018 se estimaba que la cantidad de petróleo que cada año entra a los océanos es cercana a los 3,800 millones de litros. *Vid.*, José Luis Rodríguez y Liliana Pardo López, *Investigación y Desarrollo*.

<sup>284</sup> Es difícil precisar una cifra de la cantidad de suelos que han sido afectados en México por la actividad petrolera. Mientras algunos artículos claramente hacen ver estas afectaciones como menores, otras investigaciones señalan la gravedad de las mismas haciendo hincapié en que las fronteras políticas, o las distancias geográficas, no evitan que sean un problema común para la humanidad. Por ejemplo, en 1999 algunos informes reportaban que la cantidad de hectáreas (ha) contaminadas por hidrocarburos en el Estado de Tabasco era de 7200; sin embargo, en fechas posteriores PEMEX señaló que esta cantidad apenas

Ahora bien, no se debe soslayar que los problemas de contaminación por hidrocarburos no se presentan únicamente por derrames en las zonas de exploración y extracción de crudo sino, de igual manera, en muchos de los ductos y tuberías que los conducen y en los que se presenta una fuga. Incluso, más allá de la sola elaboración de dichos hidrocarburos y otros derivados del petróleo, los efectos de la contaminación que provocan estos compuestos se presentan en todas las áreas urbanas y rurales en las que son empleados toda vez que terminan, en su mayoría, siendo vertidos directamente a la red de drenaje y alcantarillado lo que ahora nos lleva a considerar el papel que han tenido las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y al siguiente rubro de esta discusión, a saber: la contaminación del agua.

Conviene mencionar ahora que, de acuerdo con la información más actualizada al momento de realizar esta investigación, la política de sustentabilidad hídrica llevada a cabo por el Gobierno federal ha tenido tres etapas. La primera de ellas fue desarrollada a comienzos del siglo pasado enfocándose en la oferta, lo que derivó en una política pública que privilegió la construcción de un gran número de presas de almacenamiento, distritos de riego, acueductos y sistemas de abastecimiento de agua. La segunda etapa comenzó a ser desarrollada e instrumentada entre los años 80 y 90. En esta ocasión el enfoque de las políticas públicas se centró en la demanda y la descentralización. Como resultado, a partir de ese momento, los municipios serían los responsables de proveer los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Aunado a estas decisiones se creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como la institución que ahora concentraría la administración de las aguas nacionales buscando ordenar la explotación, uso o aprovechamiento del vital líquido. La última etapa coincidió en sus comienzos con el tercer milenio y se ha distinguido por enfocarse en la sustentabilidad hídrica, a partir de lo cual se

---

alcanzaba las 300 ha. Vid., Randy H. Adms, et. al., “Potencial de la biorremediación de suelo y agua limpia impactados por petróleo en el trópico mexicano”, en *Terra Latinoamericana*, México, Vol. 17, núm. 2, abril-junio, 1999, pp. 159-174. Versión electrónica en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317209.pdf> Consultada el 28 de octubre de 2019. Cfr., José Luis Rodríguez y Liliana Pardo López, *Investigación y Desarrollo*. En esta última fuente se ofrecen datos sobre algunos de los mayores derrames de petróleo acaecidos en el Golfo de México.

ha incrementado el tratamiento de aguas residuales (AR) y la construcción de nuevas PTAR que emplean tecnología de punta<sup>285</sup>.

Aunque en México las PTAR han sido construidas desde mediados del siglo XX<sup>286</sup>, los avances tecnocientíficos así como el deterioro de sus instalaciones llevaron a algunos científicos a señalar la necesidad de llevar a cabo una valoración de la infraestructura de las PTAR existentes en el país. Para comienzos del siglo XXI muchas de ellas se encontraban sumamente deterioradas o en franco abandono, amén de que la tecnología que empleaban ya resultaba ineficiente en términos económicos y, paradójicamente, altamente contaminante lo que obligó a las autoridades en la materia a considerar otras alternativas tecnológicas que incluyeran nuevos procesos desarrollados por la Bt gris<sup>287</sup>.

Lo anterior fue coincidente con el que, hasta fechas relativamente recientes, el agua dejó de ser considerada como un recurso para ser pensada como un bien económico<sup>288</sup>. Esto ha dado cauce a la configuración de una nueva política dirigida hacia la sustentabilidad. Como parte de dicha política expresada en diferentes documentos generados por la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el vital líquido ahora es tomado como un recurso estratégico y de seguridad nacional<sup>289</sup>, lo que nos sitúa en una

---

<sup>285</sup> Vid., *Estadísticas del agua en México 2018*, México, Secretaría del Medio Ambiente, Comisión Nacional del Agua, 2018, pp. 186. Versión electrónica en

[http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

<sup>286</sup> Un ejemplo es la PTAR que se encontraba en el Bosque de Chapultepec. En 2016 la vieja planta de tratamiento fue reemplazada por una nueva cuyos mecanismos de biorremediación se basan en tecnología anaeróbica de punta. Vid., Gabriel Romero Sánchez y Alejandro Cruz Flores, “Construirán planta de tratamiento en Chapultepec”, *La Jornada*, México, 22 de marzo de 2016, pp. 34. Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2016/03/23/capital/034n2cap> Consultada el 10 de febrero de 2020.

<sup>287</sup> “El tratamiento de aguas servidas para reúso, reincorporación a los cuerpos de agua superficiales o infiltración a los mantos freáticos no es una opción generalizada en México. Las plantas de tratamiento que existen utilizan tecnologías contaminantes, son altas en uso de energía y producen desechos tóxicos como resultado de su operación. Para ir construyendo una infraestructura urbana sustentable, es necesario optar por tecnología alternativa que permita reutilizar los caudales y/o regresarlos a la naturaleza con buena calidad, sin hacer uso intensivo de energía y sin producir contaminantes”, Vid., Virginia Lahera Ramón, “Infraestructuras sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales”, en *Quivera*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, Vol. 12, núm. 2, 2010, pp. 58, Versión electrónica en <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

<sup>288</sup> Ibid.

<sup>289</sup> “En México, el agua ha sido reconocida como un asunto estratégico y de seguridad nacional, y se ha convertido en elemento central de las actuales políticas ambientales y económicas, así como un factor clave del desarrollo social.” Vid., *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, pp. 17.

nueva etapa de las políticas públicas en torno a su conservación como se especificará más adelante.

El encontrarnos en esta última etapa obedece, por un lado, a los avances tecnocientíficos que se han generado en el tratamiento de AR ya sean municipales o industriales<sup>290</sup>; por el otro, y en coincidencia con el primero, a una serie de protocolos y acuerdos firmados por México<sup>291</sup> así como por las necesidades del vital líquido que enfrentará nuestro país en el corto y mediano plazos, y que han llevado a instrumentar una serie de decisiones que buscan ser coincidentes con la normatividad que rige en materia de agua y que se expresa en Leyes Generales, NOM, Normas Mexicanas (NMX) y otras disposiciones legales, de las cuales ahora presentamos las que se mencionan de manera más recurrente en documentos oficiales así como en diferentes artículos de investigación<sup>292</sup>.

Esto es de la mayor relevancia dado que si bien aceptamos que la Tierra es una aldea global, probablemente sea el agua el elemento que conecta de manera más notable a todos los ecosistemas y, sin duda, el recurso más demandado por las poblaciones humanas. De ahí la importancia de que destaquemos el papel que tiene la Bt gris en los procesos de

---

<sup>290</sup> La generación de ambos tipos de agua residual está directamente relacionada con el número de pobladores. Las aguas residuales municipales proceden de comercios, escuelas y hogares de localidades urbanas y rurales, mismas que son recolectadas por los sistemas de alcantarillado. Por su parte las aguas industriales, como su nombre lo indica, son aquellas generadas en los procesos llevados a cabo por diversas industrias. Conviene añadir que, hasta ahora, las redes de alcantarillado en nuestro país, salvo muy contadas excepciones, no han sido diseñadas para separar a estos caudales de los que provienen de la precipitación pluvial.

<sup>291</sup> De manera particular nos referimos al Acuerdo de París, firmado por México en 2016 y a través del cual nuestro país se compromete a reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este acuerdo es de particular relevancia porque ha dado cauce a la adecuación de las políticas públicas seguidas por México en relación con las aguas residuales, mismas que por su composición química producen cantidades considerables de GEI. *Vid.*, [https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext\\_orgint/eventos/docs/presentacion291117\\_1.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext_orgint/eventos/docs/presentacion291117_1.pdf) Consultada el 23 de febrero de 2020 (incluye un cronograma de las gestiones climáticas ejecutadas por México entre 2012 y 2016). Entre las medidas con las que se pretende abatir estas emisiones, con metas muy específicas para 2030 e incluso 2050 están: M1, que se refiere al incremento de la cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales; M2, sustitución de los sistemas anaerobios por sistemas aerobios, con base en el caudal captado; M3, Captura y aprovechamiento del biogás generado en las PTAR y tratamiento alternativo de los lodos generados; M4, incremento de las aguas residuales industriales (ARI) tratadas con respecto a las ARI captadas. *Vid.*, *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, pp. 19.

<sup>292</sup> En tanto que las NOM son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria. A esto debe añadirse que las NOM deben ser revisadas cada cinco años a partir de la fecha en que las mismas son emitidas, a fin de que sean actualizadas o, de ser conveniente, derogadas.



biorremediación, así como en el conjunto de leyes, normas y reglamentos que se están generando y los cuales, si bien perfectibles, son un avance por demás notable en esta materia y al que conviene dar seguimiento en ámbito de la Historia de la ciencia.

#### **5.4.1- Legislación en torno al agua**

El citar parte de la reglamentación que se ha generado para las AR no tiene la finalidad de ofrecer un seguimiento de la materia legislativa relacionada con el sector agua, sino mostrar que éste es uno de los componentes a través de los cuales se puede rastrear la presencia de la Bt gris en la historia contemporánea al tiempo que se destaca la importancia de dicha tecnología.

Como es de esperarse, todas estas disposiciones legales parten de leyes generales de las cuales derivan otras normas y reglamentos que, de manera paulatina, van enfocándose en determinados aspectos del manejo, distribución y tratamiento del agua. Esto, a su vez, refleja los intentos por parte del Estado para instrumentar una política pública en torno al vital líquido que puede verse más o menos favorecida, u obstaculizada, dependiendo de una serie de elementos propios del contexto en que estos se han generado y que incluyen aspectos sociales, económicos, políticos e incluso culturales de diversa índole. De manera específica mencionamos ahora el aislamiento de muchos municipios, la falta de recursos, la corrupción y la situación de inseguridad que prima en muchos rincones del país generada por el narcotráfico. Todo esto, en conjunto, afecta de manera directa la eficiencia de las medidas tomadas en cuanto al tratamiento de las AR.

Para facilitar el entendimiento de lo que ahora presentamos, la reglamentación vigente relacionada con el sector agua puede ser agrupada con base en las leyes generales existentes, así como en las dependencias encargadas de aplicar las disposiciones señaladas en cada una de estas normas<sup>293</sup>.

---

<sup>293</sup> Esta clasificación es retomada básicamente de la siguiente documentación: *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018; Estadísticas del*

## **Grupo: Leyes Generales**

### **Ley General de Aguas Nacionales (1992).**

Esta Ley es reglamentaria del artículo 82 constitucional siendo de observancia general en todo el territorio nacional. A través de ella se regulan tanto la explotación, el uso o aprovechamiento del agua, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para asegurar su desarrollo integral sustentable. Abarca a todas las aguas nacionales, ya sean superficiales o subterráneas, siendo también aplicable a las aguas de zonas marinas.

De manera específica destacamos el artículo 134 en el cual se establece que:

Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

### **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1998).**

### **Ley General de Cambio Climático, (junio de 2012).**

La intencionalidad de ésta se encuentra claramente resumida en su artículo 1º el cual señala que:

La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

---

*agua en México 2018*; María Eugenia de la Peña, et. al., “Tratamiento de aguas residuales en México”, Banco Interamericano de Desarrollo, mayo 2013, en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tratamiento-de-aguas-residuales-en-M%C3%A9xico.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

### **Grupo: SEMARNAT**

**NOM.060.Semarnat-1994.**

**NOM-001- Semarnat-1996. (Modificada más adelante por la NOM-001.SEMARNAT-2017).**

**NOM-002-Semarnat-1996.**

**NOM-003-Semarnat-1997. NOM-004-Semarnat-2002.**

**NOM-022-Semarnat-2003.**

El conjunto de estas normas se dirige, en general, a establecer los límites máximos permisibles de diferentes contaminantes en las aguas residuales así como en las redes de alcantarillado, al tiempo que se fijan las obligaciones para quienes llevan a cabo estas descargas. De igual forma algunos apartados de estas disposiciones están encaminados a la protección medio ambiental.

### **Grupo: CONAGUA**

**NOM-003- Conagua- 1996.**

**NOM-004-Conagua-1996.**

**NOM-006-Conagua-1997.**

**NOM-008-Conagua-1998.**

**NOM-009-Conagua-2001.**

**NOM-014-Conagua-2003.**

**NOM-015-Conagua-2007.**

**NOM-001-Conagua-2011.**

**NOM-011-Conagua-2015.**

**NMX-AA-175-SCFI-2015.**

En general estas normas establecen los requisitos para la construcción y operación de fosas sépticas, así como las características con que deben contar los inodoros y las

regaderas, sistemas de agua potable, tomas domiciliarias y el alcantarillado sanitario. Conviene destacar que en el conjunto de estas normas, algunas de ellas se dirigen de manera específica a establecer los requisitos para la protección de los acuíferos así como a determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Esto es de particular importancia toda vez que posibilita el cumplimiento legal de algunas de las disposiciones emitidas por la CONAGUA.

#### **Grupo: energía**

**NOM-006-Ener-2015.** Se refiere a la eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación así como los límites y métodos de prueba.

#### **Grupo: salud**

**NOM-117-SSA1-1994.**

**NOM-127-SSA1-1994.**

**NOM-179-SSA1- 1998.**

**NOM-230.SSA1-2002.**

**NOM-244-SSA1-2008.**

Las NOM que atañen a la SSA establecen las pruebas que deben ser realizadas para asegurar que el agua destinada al uso y consumo humano, no rebase las cantidades de permisibles de elementos como: cadmio, arsénico, estaño, fierro, zinc y mercurio. De igual forma fijan los mecanismos mediante los cuales se debe llevar a cabo una vigilancia y evaluación de la calidad del agua potable en las redes de distribución.

### **Grupo: Normas Mexicanas**

**NMX-AA-147-SCFI-2008.**

**NMX-AA-148-SCFI-2008.**

**NMX-AA-149/1-SCFI-2008.**

**NMX-AA-149/2-SCFI-2008.**

Estas normas en conjunto se dirigen a cómo llevar a cabo la evaluación de tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento, así como a señalar las directrices requeridas para la prestación y evaluación de los servicios de agua residual.

### **Grupo: Secretaría de Desarrollo Social**

**NOM-CCA-031-ECOL/1993.** Establece los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden estar presentes en las descargas de AR provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de AR a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. Cabe añadir que esta NOM aglutina las características relativas a los límites de tipos de contaminantes que pueden tener las AR, para que éstas puedan ser vertidas en la misma red de alcantarillado empleada por las aguas residuales generadas en el país (ARM).

### **Grupo: Programas diversos**

**Programa de Agua Potable y Alcantarillado en Zona Urbanas (APAZU).** Inicio: 1990.

**Programa de Modernización de Organismos Operadores de agua (PROMOAGUA).**

Inicio: 2001.

**Programa Nacional Hídrico (PNH) 2007-2012<sup>294</sup>.** Contempla entre otras metas que el suministro de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de AR debe ser una

---

<sup>294</sup> Aunque durante el Gobierno y la administración Federal 2000-2006 no se contó con un Plan Nacional Hidráulico (PNH) claramente detallado en relación con el tratamiento de aguas residuales, sí se planteó la necesidad, ya entonces imperante, de elevar el nivel de cobertura a fin de restaurar la calidad del vital líquido en las corrientes y acuíferos nacionales. La meta establecida en aquél entonces buscaba que el tratamiento de

prioridad para los municipios y los gobiernos estatales, los cuales deben cumplir con la normatividad establecida en el país. La meta es asegurar el reúso de aguas producidas para que éstas contribuyan a cubrir parte de los costos operativos de los propios organismos operadores, así como reactivar las PTAR que se encuentran fuera de operación o que funcionen con bajos niveles de eficiencia, a fin de aprovechar la capacidad instalada.

**Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR).** Inicio: 2008.

**Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROTAR).** Inicio 2011.

**Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018.** Este plan contempla metas relativas al cambio climático y las aguas residuales.

**Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMANART) 2013-2018.** Incluye líneas de acción encaminadas al saneamiento de AR municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca y acuífero<sup>295</sup>. También contempló mejoras en el funcionamiento de la infraestructura existente de tratamiento de las AR, así como la construcción de nuevas PTAR y colectores para impulsar el saneamiento alternativo en comunidades rurales.

**Programa Especial de Cambio climático (PECC) 2013-2018.** Incluye instrumentar estrategias para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), como el Metano y el Óxido Nitroso.

**Programa Nacional Hídrico (PNH) 2013-2018.** Éste deriva del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 y considera al agua como un elemento integrador de los

---

las aguas residuales recolectadas en las redes de alcantarillado fuera del 65%, porcentaje que casi duplicaba el alcanzado en 2000 (36.1%.) Como era de esperarse la meta no fue alcanzada lo cual no debe ser considerado plenamente como un fracaso, ya que se logró sentar los antecedentes para otros programas surgidos en las dos siguientes administraciones federales, cuyos alcances en esa materia fueron muy superiores a los obtenidos durante el sexenio 2000-2006.

<sup>295</sup> Debe mencionarse que Humberto Urquiza, entre los estudios que ha realizado sobre la historia medioambiental, destaca que a partir de los años 80 del siglo pasado el concepto de *cuenca* fue incorporado a los estudios de ecología, como parte de una perspectiva que ha demostrado la importancia que tienen el buen manejo de los recursos hidrográficos en nuestro país. *Vid.*, “Regiones de refugio: una perspectiva desde las cuencas hidrológicas”, en Mendizábal García, Dora Evangelina (coordinadora), *Universidad y Diversidad. México Nación Multicultural*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Programa Universitario de Estudios de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad, 2019, pp. 193-223.

mexicanos, lo mismo que como un promotor del desarrollo sustentable; el agua como un elemento de justicia social así como una política cultural del agua. El PNH de este periodo contempla el desarrollo de sistemas de investigación científica y tecnología del agua, así como el establecimiento de una estrategia nacional de adaptación del sector agua, para enfrentar los efectos adversos del cambio climático.

Con base en lo expuesto anteriormente, podemos afirmar que si bien en nuestro país las PTAR que podríamos calificar como modernas tienen una historia que deviene desde la segunda mitad del siglo XX, ha sido en los últimos 20 años que la Bt gris ha sido revalorada y a partir de lo cual se intentan lograr cambios que generen sinergias virtuosas con las que se pueda encarar la escasez de agua que enfrentamos como país, aquí y ahora. Esto también puede facultarnos para hacer frente tanto a las demandas por el vital líquido generadas por el aumento poblacional, las actividades industriales y comerciales, lo mismo que algunos de los problemas generados por el cambio climático a nivel global.

Para dimensionar lo anterior podemos ayudarnos de las siguientes gráficas donde se observan los cambios que se han presentado en la captación de caudales de AR, en relación con el número de PTAR existentes en los últimos años, y los usos que actualmente se dan al agua así como la evolución que ha tenido la propia generación de AR y el tratamiento de las mismas.

## CUADROS Y GRÁFICAS REPRESENTATIVOS<sup>296</sup>

Año	Caudal generado de aguas residuales municipales e industriales m <sup>3</sup> /seg	Caudal tratado de aguas residuales municipales e industriales 1998-2011 m <sup>3</sup> /seg	Porcentaje de aguas residuales municipales e industriales en relación con el total generado, 1998-2011
1998	398.48	62.81	15.76
1999	409	64.42	15.75
2000	419.87	71.21	16.96
2001	423.45	76.16	17.99
2002	422.6	82.38	19.49
2003	426.3	87.63	20.56
2004	433.17	91.94	21.22
2005	443.63	98.6	22.23
2006	425.1	102.05	24.01
2007	431.51	109.16	25.3
2008	426.24	117.42	27.55
2009	427.86	124.83	27.17
2010	447.68	157.2	35.11
2011	443.65	148.04	33.37
2012	439.53	103.9	23.6
	Promedio: 427.03 m <sup>3</sup> /seg	Promedio: 99.56 m <sup>3</sup> /seg Menor valor en 1998: 62.81 m <sup>3</sup> /seg, Mayor valor en 2010: 157.2 m <sup>3</sup> /seg	Promedio: 23.03 %. Menor valor en 1999: 15.75 %, Mayor valor en 2010: 35.11 %
		Crecimiento entre 1998 y 2011: 135.69%	

297

<sup>296</sup> En la elaboración de los cuadros y mediciones que a continuación se ofrecen, las fuentes que fueron consultadas presentaron entre sí pequeñas variaciones. Ante esto, si bien se contrastaron los datos que cada una ofrece, las cifras finales se basan en las fuentes más actualizadas.

<sup>297</sup> <https://www.inegi.org.mx>



PTAR municipales instaladas en 2012	Capacidad de tratamiento m <sup>3</sup> /seg	Volumen tratado m <sup>3</sup> /seg	Porcentaje		PTAR industriales instaladas en 2012	Capacidad de tratamiento m <sup>3</sup> /seg	Volumen tratado m <sup>3</sup> /seg	Porcentaje de la capacidad instalada
			empleado de la capacidad instalada	empleado de la capacidad instalada				
2342	140.1	99.75	71%		2569	74.9	60.53	80.80%

298

Aumento en el volumen de aguas residuales municipales tratadas en 2012 con respecto a 1998: > al 244%.

Aumento en el volumen de aguas residuales industriales tratadas en 2012 con respecto a 1998: > al 275%.

Total de aguas residuales (municipales e industriales) tratadas en 1998: 62.81 m<sup>3</sup>/seg.

Total de aguas residuales (municipales e industriales) tratadas en 2012: 160.28 m<sup>3</sup>/seg; aumento con respecto a 1998: > 255%.

Año	PTAR municipales instaladas	Caudal tratado m <sup>3</sup> /seg	Porcentaje		PTAR industriales instaladas	Caudal tratado m <sup>3</sup> /seg	Porcentaje con respecto al caudal total generado
			con respecto al caudal total generado	con respecto al caudal total generado			
2012	<b>2342</b>	99.75	ND		<b>2569</b>	60.53	ND*
2015	<b>2477</b>	120.9	57%		<b>2832</b>	70.5	ND
2016	<b>2536</b>	126.3	58.3		<b>3041</b>	75.9	ND
2017	<b>2526</b>	135.6	63%		<b>3025</b>	83.7	ND

299

\* No definido

<sup>298</sup> Vid., *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018; Estadísticas del agua en México 2018.*

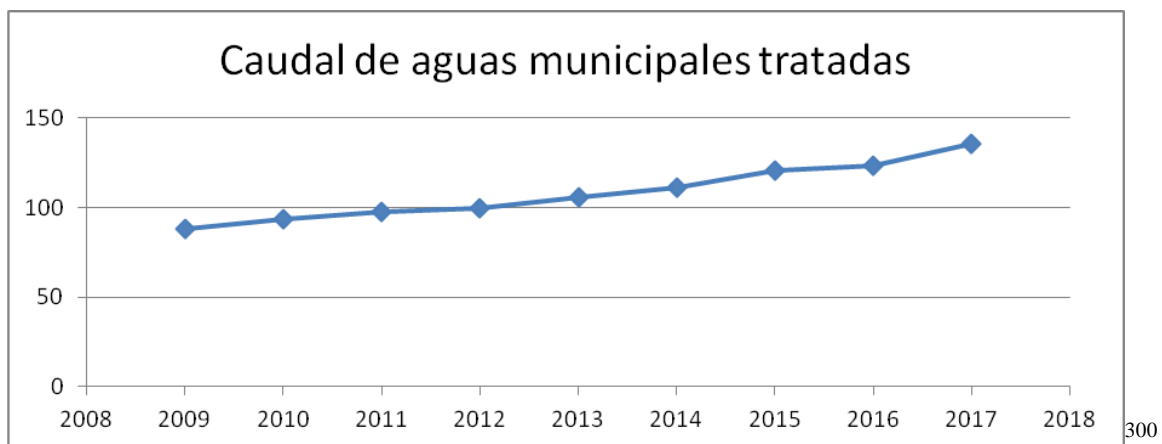
<sup>299</sup> Ibidem.

### Caudal de aguas residuales municipales tratadas 2008-2017

m<sup>3</sup>/seg

2008	83.64
2009	88.13
2010	93.6
2011	97.64
2012	99.75
2013	105.94
2014	111.25
2015	120.9
2016	123.59
2017	135.58

Aumento en el caudal de aguas municipales tratadas en 2017 con respecto a 2008: > 162%.



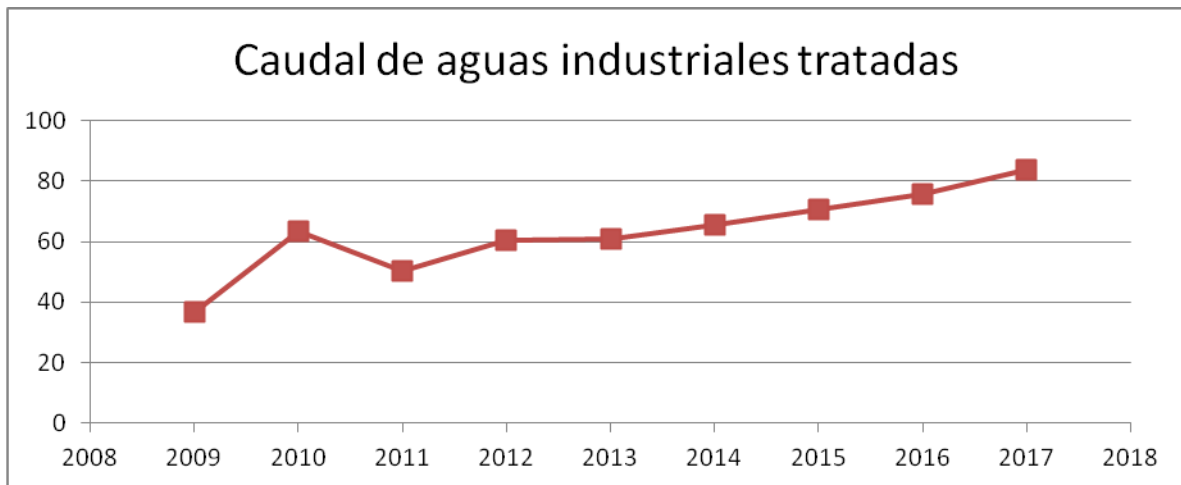
<sup>300</sup> Ibidem.

### Caudal de aguas residuales industriales tratadas 2008-2017

m<sup>3</sup>/seg

2008	33.8
2009	36.7
2010	63.6
2011	50.4
2012	60.5
2013	60.7
2014	65.6
2015	70.5
2016	75.9
2017	83.7

Aumento en el caudal de aguas industriales tratadas en 2017 con respecto a 2008: > 247%.

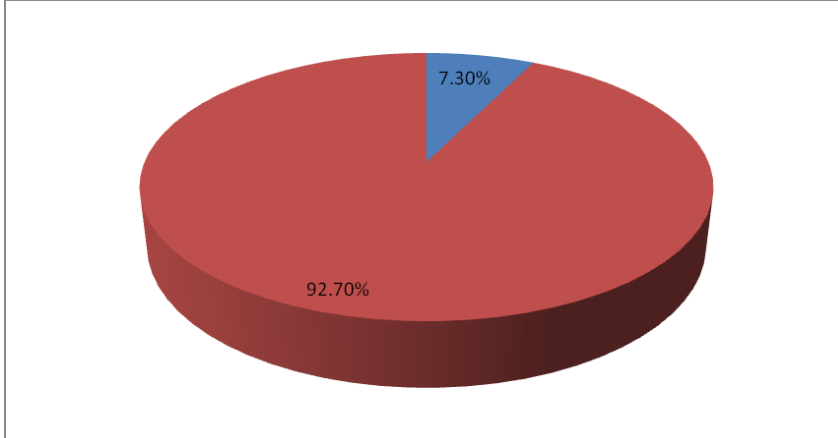


301

<sup>301</sup> Ibidem.

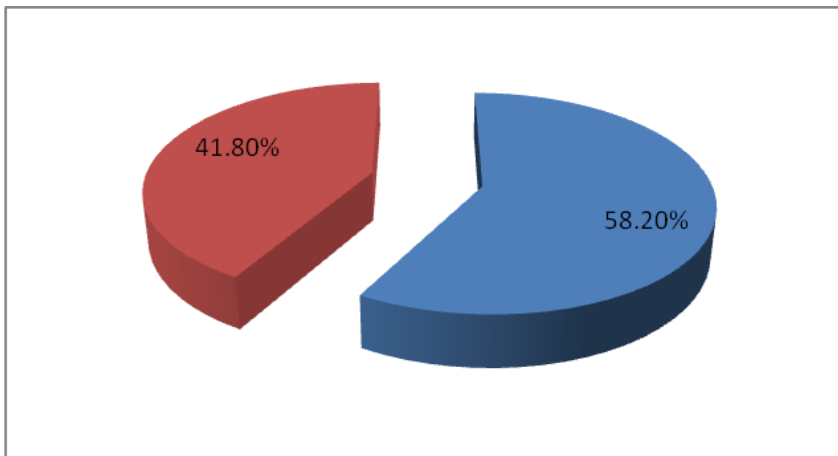
2016

**Aguas Residuales en México (ARM) no captadas vs. ARM captadas**<sup>302</sup>



2016

**ARM no tratadas vs. ARM tratadas**<sup>303</sup>



---

<sup>302</sup> Vid., *Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, pp. 36.

<sup>303</sup> Ibidem.

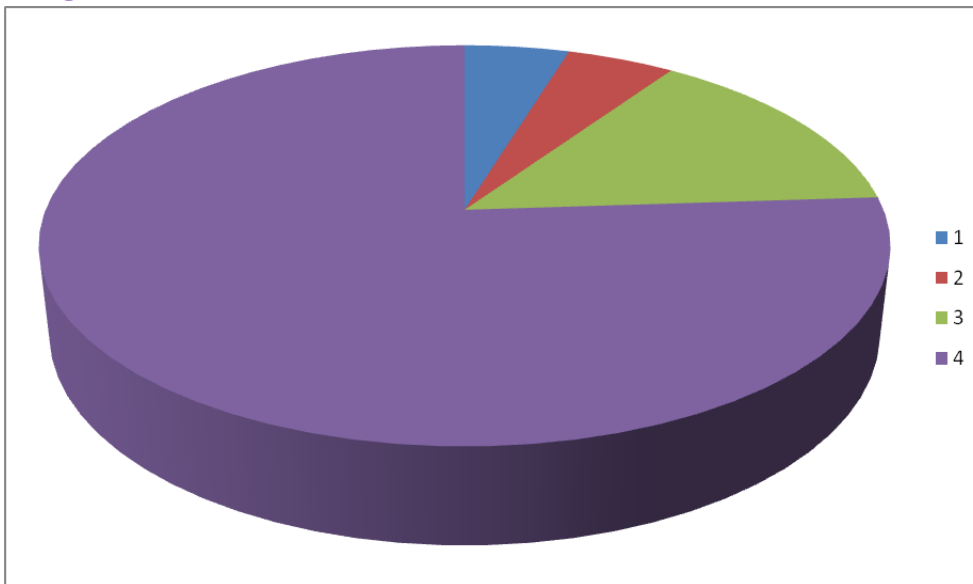
### Volúmenes concesionados por usos agrupados constitutivos, 2017 <sup>304</sup>

1- Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad, 4.72%

2- Industria autoabastecida, 4.86%

3- Abastecimiento público, 14.38%

4- Agrícola, 76.04%



Para concluir debemos recordar que por más alta que sea la eficiencia alcanzada por una Bt en el tratamiento de AR, o en la contaminación del suelo, ninguna alternativa de biorremediación es 100% eficiente e inocua. A esto debe sumarse que la falta de una cultura científica en diferentes grupos de la sociedad dificulta la aceptación de las biotecnologías en su conjunto y de las ventajas que ellas ofrecen.

El escenario que enfrentaremos en los próximos años estará marcado no sólo por las demandas de agua y alimento inherentes al aumento poblacional sino, también, por las deficiencias que tiene la propia red de alcantarillado que, prácticamente en su totalidad, no está diseñada para separar las aguas grises de las aguas negras ni de las pluviales, lo que dificulta y encarece el tratamiento de cada una y el uso general de todas ellas.

Tampoco debemos olvidar que, a pesar de los avances que se han presentado en las políticas públicas en torno al agua, aún estamos muy lejos de ser una ciudadanía

<sup>304</sup> Vid., *Estadísticas del agua en México 2018*, pp. 78.

plenamente educada y consciente del valor e importancia de la misma. De igual forma, adolecemos de las condiciones económicas y de seguridad que permitan a los municipios ejecutar las acciones encaminadas a incrementar el caudal de AR tratadas, en cualquiera de los tres niveles de tratamiento<sup>305</sup>. Así entonces, las políticas públicas en torno al vital líquido aún deben madurar para obtener caudales tratados que puedan ser dirigidos al consumo humano de primer uso<sup>306</sup>, así como para el resto de las actividades económicas y comerciales en las que se pueda emplear agua residual con un nivel de tratamiento adecuado<sup>307</sup>.

Para el año en el que concluye la periodización de este trabajo, 2018, nuestro país contaba aproximadamente con más de 123 millones de habitantes siendo la 15ª economía a nivel mundial, pero la 70ª en cuanto a distribución del PIB per cápita. Con una extensión cercana a los dos millones de km<sup>2</sup>, casi el 24% de los mismos es destinado a actividades agrícolas siendo éstas la que ocupan la mayor cantidad de agua disponible. Al problema que por sí solo representa la disparidad en la distribución de los ingresos, debemos añadir que <sup>2</sup>/<sub>3</sub> de nuestro territorio está compuesto por superficies áridas o semi áridas, y que en cuanto a disponibilidad de agua dulce ocupamos el 94º lugar entre todas las naciones del mundo. Somos, por tanto, un país con carencia de agua y con un número alto de acuíferos,

---

<sup>305</sup> Los tratamientos primarios consisten en tratamientos físicos mediante los cuales se remueven los sólidos de mayor tamaño así como las grasas y aceites. Los secundarios son procesos biológicos en los que actúan microorganismos los cuales degradan la materia orgánica presente en las aguas residuales. Por su parte, el tratamiento terciario incorpora procesos para la remoción de nutrientes como el Nitrógeno y el Fósforo. Cabe señalar que una etapa más avanzada en el tratamiento terciario consiste en la desinfección de las aguas residuales mediante la eliminación de organismos patógenos utilizando cloro, ozono o luz ultravioleta.

<sup>306</sup> *Reporte de Plantas de Aguas Residuales. Ciudad de México 2015*, México, Gobierno de la Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente, 2017, pp. 32. Versión electrónica en <https://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/RPTAR%202015%20OP%202.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

<sup>307</sup> Entre las medidas que son reconocidas como parte de una política pública que pretenda ser más eficiente en esta materia se señalan: Mejorar la coordinación interinstitucional de las entidades de los tres órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal); Mejorar la coordinación entre la CONAGUA, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) así como la Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento de México (CEAS); Actualizar y detallar el marco jurídico de los municipios; Establecer cuotas realistas que incluyan los costos relativos a todo proceso relacionado con el agua; Impulsar la capacidad de la CONAGUA para que las sanciones que ésta emita en realidad sean efectivas; Desarrollar programas de sensibilización entre los habitantes del país; Contar con reguladores que se encarguen de asegurar la calidad de los servicios que prestan en torno al agua, así como de que los montos sean acordes a los servicios proporcionados, entre otras acciones. *Vid., Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, pp. 74-76.

corrientes y cuerpos de agua sobreexplotados y/o contaminados, situaciones que en conjunto se tornarán más problemáticas conforme aumenten el número de habitantes y las afectaciones provocadas por el cambio climático.

## **5.5 Reflexiones sobre las biotecnologías y el contexto social e histórico contemporáneo**

Entre los objetivos que ha perseguido esta investigación está proporcionar un análisis de lo que nos ofrece de facto la biotecnología, así como considerar las posibilidades que ella otorga. De igual manera también alude al hecho de que la Bt es por sí misma un signo, quizá el más relevante, de nuestra contemporaneidad la cual deviene de procesos históricos diversos por lo que es indispensable hacer un balance y análisis histórico de cuál ha sido su trayectoria, pues sin él no tendremos las herramientas suficientes para encausar la enorme cantidad de sinergias que la Bt ha provocado y las que puede generar.

En ese tenor los datos que hemos ofrecido y analizado en este capítulo nos permiten considerar la importancia de tres rubros específicos de la Bt, y algunos de los elementos que durante los últimos 50 años se han entrelazado en ese proceso histórico, muchos de los cuales son ignorados por la mayoría de las personas y soslayados por la disciplina histórica. Por supuesto, el desarrollo biotecnológico en nuestro país es mucho más amplio y complejo de lo que nos dejan ver los ejemplos con los que hemos querido aterrizar estas discusiones; empero este ejercicio está lejos de apuntar a la simpleza. Por el contrario, nos recuerda una de las tesis que han sido desarrolladas y defendidas a lo largo de este trabajo: el que la Bt está presente en muchas, muchas de nuestras actividades y hábitos cotidianos, y que ignoramos cuál ha sido su historia. Las consideraciones que hasta ahora hemos desarrollado deben ser tomadas en cuenta si queremos ser capaces de ejecutar los programas de investigación de los que Imre Lakatos nos habló en un capítulo anterior, y que nos ubican en un punto de quiebre en el que la conciencia histórica, incluyendo el devenir contemporáneo, nos puede ofrecer pautas para apuntar hacia un nuevo tipo de desarrollo al que hemos aspirado desde siempre, pero al que nunca hemos accedido de manera franca y sostenida.

Cualquiera que sea el escenario que se nos plantee, sería bisoño pensar que la Bt puede resolver por sí misma los problemas que ahora enfrentamos y los que encararemos en el futuro mediato, pero no cabe duda de que aquella ofrece posibilidades extraordinarias que habrán de formar parte de las discusiones por venir y de las resoluciones que sean tomadas, lo que no significa desconocer los riesgos inherentes. La reconstrucción histórica de la Bt en México atraviesa por analizar el papel que ha tenido una serie de agentes que incluyen a las instituciones de educación superior, a los investigadores y los profesionistas involucrados en los diferentes tipos de Bt, al Estado y el conglomerado social, siendo estos los elementos a los que dirigiremos nuestra atención en el siguiente capítulo.



## Capítulo 6

### Los agentes forjadores de la Biotecnología en México

Al llegar a nuestra propia época la historia se convierte, en cierto modo, en el recuerdo de nuestras propias experiencias. Nos encontramos muy cerca de los acontecimientos, y contemplamos luchas que todavía no se resuelven y cuyos protagonistas aún viven y actúan. Esto hace que no sea fácil la comprensión de lo que está ocurriendo, y hace difícil analizar y juzgar la importancia de los movimientos científicos y sociales. No obstante, es necesario hacer este esfuerzo a pesar de que, en general, los historiadores eluden tratar los periodos más recientes, esperando que pase el tiempo suficiente para poder juzgarlos desinteresadamente.”<sup>308</sup>

En 1954 John D. Bernal escribía estas palabras para incitar a los estudiosos de la Historia de la ciencia a desentrañar, más que al forma en que la ciencia había afectado al devenir humano, el peligro que ya representaba en la segunda mitad del siglo XX el otorgar a aquella un crédito desmedido, para bien o para mal, en relación con los acontecimientos más relevantes que experimentaba la contemporaneidad de aquel entonces. Para evitar esa problemática, la propuesta de Bernal se centraba en indagar las interacciones recíprocas y sutiles del binomio ciencia-sociedad.

Los elementos que hemos analizado en esta tesis nos conducen ahora a considerar a los que pensamos como los principales agentes<sup>309</sup> y elementos involucrados en ese binomio en México, país que, si bien no fue uno de los artífices de la Biotecnología (Bt), no tardó en quedar inmerso en las relaciones que ésta extendió a lo largo del orbe. No debemos olvidar que, a pesar de nuestra condición periférica, la nuestra ha sido una nación que desde tiempos previos al inicio de su vida independiente reconoció la importancia del desarrollo tecnocientífico, situación que se mantuvo vigente a lo largo del accidentado siglo XIX, lo mismo que en el Porfiriato y en los regímenes revolucionarios y posrevolucionarios que sucedieron a éste, así como los de corte neoliberal surgidos a partir de los años ochenta y cuya vigencia sigue en lo que ha transcurrido el presente siglo. Muchos han sido los éxitos

---

<sup>308</sup> Bernal, John D., *La ciencia en nuestro tiempo*, 2 ed., Trad. Eli de Gortari, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Editorial Nueva Imagen, 1979, pp. 11.

<sup>309</sup> Los agentes, a diferencia de los actores, son los grupos y/o individuos quienes cuentan con la capacidad suficiente como para poder influir tanto en la configuración y/o modificación de políticas públicas sobre un tema específico, así como en la legislación que en torno a dicho tema es desarrollada, siendo ésta la principal diferencia que tienen con respecto a los actores cuyo papel es más pasivo. A ello hay que sumar, además, la capacidad propia de los agentes para convocar lo mismo a diferentes actores que a otros agentes, razones por las cuales en este capítulo haremos referencia a estos y no a aquéllos.

y otros tantos los fracasos en el desarrollo de la tecnociencia en nuestro país, pero lo cierto es que desde que la Bt apareció de manera franca en todo ese devenir ésta no ha contado con la atención debida.

Como hemos visto a lo largo de todo este trabajo, la historia de la Bt en México no puede ser entendida sino a partir de una mirada holista y sistémica de los elementos y agentes que la construyen. En los apartados previos se hizo fuerte hincapié en la vinculación de nuestro país con el exterior con base en la existencia y desarrollo de la Bt, razón por la que ahora nos enfocamos en los agentes y elementos internos que, sin estar desvinculados a los provenientes del entorno internacional, han ido condicionando y definiendo en el interior del país el devenir de la Bt en sus diferentes ramas, las cuales han afectado de manera profunda e irreversible muchas de las interacciones del binomio ciencia-sociedad al que se refiere John D. Bernal. Tales interacciones en ocasiones pueden ser sutiles y en otras realmente abruptas, mas todas ellas son importantes. Esto será abordado a partir de la consideración de cuatro agentes principales: el Estado, las Instituciones<sup>310</sup>, los Investigadores<sup>311</sup> y los Consumidores de los bienes y productos biotecnológicos diversos.

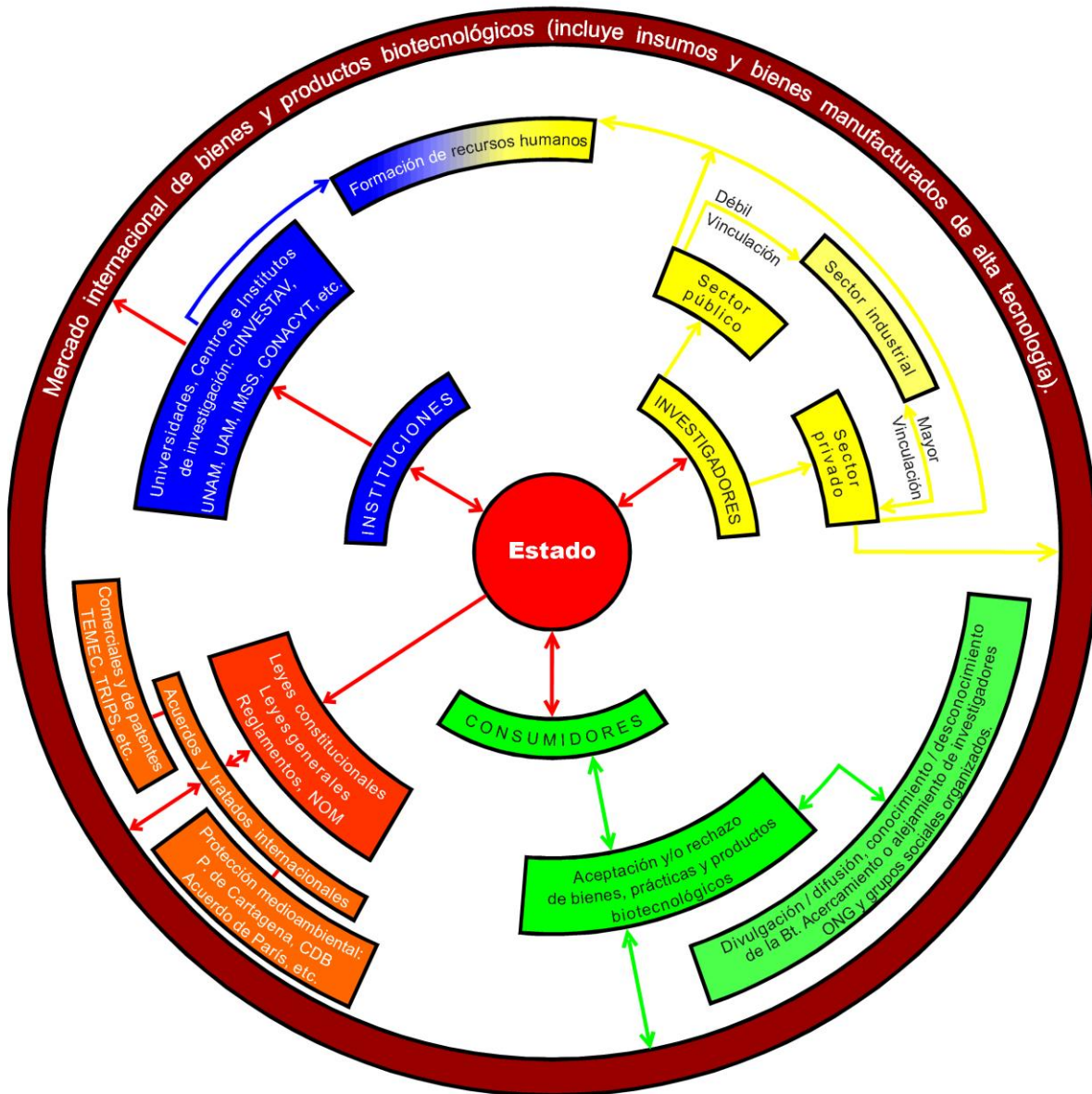
Ciertamente es muy difícil establecer una fecha para la introducción de la Bt en nuestro país, especialmente porque la Bt no surgió en México, aunque es claro que ésta fue penetrando en sus versiones más desarrolladas en diferentes ámbitos productivos así como de biorremediación. El que ahora nos enfoquemos en analizar el papel e importancia de los agentes a los que nos hemos referido a partir de las presiones que cada uno de ellos ha ejercido, o a las que se han visto sujetos, nos ayudará a tener una mejor comprensión del proceso histórico seguido por la Bt en nuestro país así como a remarcar la necesidad que tenemos de encausar el desarrollo biotecnológico a los fines más convenientes para el tejido social que todos formamos, así como para el medio ambiente que nos rodea y sustenta.

---

<sup>310</sup> Entendiendo por ellas a los centros e institutos de investigación, Universidades públicas y privadas, el IMSS, el ISSSTE, la Universidad Nacional, el CINVESTAV y la UAM, por sólo mencionar algunas de un universo mucho más amplio y complejo de lo que solemos pensar.

<sup>311</sup> Nos referimos a quienes que se desarrollan en las instituciones públicas, financiadas principal o exclusivamente por el Estado, así como a quienes lo hacen en las instituciones privadas.

# Agentes forjadores de la BT en México



Fuente: Elaboración propia.

Los elementos empleados en la construcción de este capítulo incluyen, además de fuentes bibliográficas y hemerográficas diversas (la mayor parte de ellas consultadas en línea), la opinión de seis científicos mexicanos relevantes cuya mayoría se ha desarrollado en diferentes ámbitos de la Bt y por aquellos que lo han hecho en otras ramas de la biología, quienes compartieron conmigo sus experiencias, consideraciones y expectativas sobre el desarrollo de la Bt en nuestro país, y en las cuales prima esa mirada sistémica y transdisciplinar indispensable para comprender a nuestro objeto de estudio.

Los entrevistados no necesariamente se han desarrollado en alguna de las áreas de la Bt, sin embargo su trayectoria y conocimientos -ya sea en la Biología, la Medicina o la Historia de la ciencia-, les autoriza a ofrecer comentarios muy puntuales y valiosos en cuanto a la utilidad comprobada y aplicada de la Bt, las posibilidades y los riesgos inherentes a ella, así como sobre la importancia que ésta tiene para el país y cuáles han sido algunos ámbitos en los que la misma ha sido desarrollada y/o bloqueada. En conjunto, los señalamientos que cada uno hizo desde su respectivo campo de acción me permiten reiterar la complejidad y trascendencia de nuestro objeto de estudio, al cual abordamos con la mirada transdisciplinar que caracteriza a la disciplina histórica y, dentro de ella, a la Historia de la ciencia.

Todos los entrevistados iniciaron su formación en universidades públicas y su labor como investigadores y docentes ha sido desarrollada tanto en el ámbito público como en el privado. Su número ciertamente fue reducido, en parte por la situación que devino de la pandemia causada por el SARS COV-2; no obstante, sus experiencias revelan la forma en que la Bt ha ido penetrando paulatinamente en México y que, como parte de ese devenir, ha tenido lugar la formación de recursos humanos altamente capacitados en diferentes áreas de la Bt que se aglutinan entre sí. De igual forma también nos muestran que estamos en un momento en el que no cabe hablar de cambios generacionales como sí de un *continuus* en el que investigadores, ya maduros ya jóvenes, convergen en algunas instituciones y/o laboratorios, la mayoría de ellos financiados por el Estado, para ir desarrollando algunas ramas de la Bt. Si bien en algunos casos el punto de partida no fue la Bt *per se*, sí se

convirtió en su puerto de llegada, mientras que en otros el análisis del desarrollo biotecnológico es un tema inherente a sus propias actividades<sup>312</sup>.

No obstante lo anterior, debe apuntarse que si bien los avances biotecnológicos han llegado a ser notables, en términos comparativos y de potencialidad nuestro país aún se encuentra a la zaga del desarrollo biotecnológico y lejos, o medianamente lejos, de estar en la capacidad de revertir esa situación empleando su propia biota y apoyándose en políticas públicas para el desarrollo de la CyT, mucho más certeras de las que hasta ahora han producido una serie de condiciones estructurales que hemos analizado.

Como es de esperar, las opiniones de cada uno de los entrevistados en torno a la Bt no son por completo homogéneas; sin embargo –con salvedad de algún par de puntos en los que sí hay divergencias notables- tampoco presentan diferencias tan profundas como para que se les deba tratar de manera separada. Así entonces, y con el objetivo de facilitar nuestra exposición, nos referiremos a todos ellos de manera genérica en los puntos mayoritariamente coincidentes y de manera específica en las opiniones que sean más contrastantes<sup>313</sup>.

Iniciemos por el que consideramos como el agente más importante de los cuatro que hemos citado: el Estado. El que ahora hagamos referencia únicamente al Estado y no al Gobierno federal, tal y como lo hicimos en los capítulos y apartados anteriores, responde a que el término “Estado” es más adecuado al referirnos a los “agentes forjadores” de la Bt en México. Ello se debe a que, basándonos una vez más en el trabajo de Antony Giddens, cuando mencionamos al Estado aludimos al aparato político que incluye a las instituciones gubernamentales así como a los funcionarios civiles, quienes gobiernan sobre un territorio

---

<sup>312</sup> En el Anexo de esta tesis se ofrece una semblanza curricular de los entrevistados que nos permite apreciar la historicidad de estas voces.

<sup>313</sup> En orden alfabético Agustín López Munguía, Instituto de Biotecnología, (UNAM); Antonio Eusebio Lazcano Araujo Reyes, Facultad de Ciencias (UNAM); Ismael Ledesma Mateos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM); Juan Raúl Meixueiro Montes de Oca, Facultad de Medicina (UNAM), Laboratorios PISA; José Ernesto Ramírez González, Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicas (InDRE); Uriel Urquiza García, Universidad de Dusseldorf, Alemania.

determinado y cuya autoridad se funda en la ley y su capacidad coercitiva para garantizar su cumplimiento si es necesario<sup>314</sup>.

Tratar de establecer en un espacio relativamente acotado las facultades y características del Estado no es tarea sencilla, ya porque regula las relaciones al interior del país entre los diferentes actores relacionados con la Bt en su sentido más amplio, ya por ser el eje que nos vincula grupalmente con el exterior y, de manera específica, con el mercado internacional de bienes y productos biotecnológicos en el que nuestro país es un importador neto. Al regular ambas esferas, el Estado encara no sólo las contradicciones de los agentes que se enfrentan al interior de nuestras fronteras por el rechazo o aceptación de los productos, prácticas y bienes biotecnológicos sino, también, por las obligaciones a las que está sujeto nuestro país con base en los convenios y tratados internacionales de los que ha sido signatario, y cuyo cumplimiento rebasa por mucho la voluntad de un Gobierno específico así como la de algunas de las instituciones dependientes del mismo y que son, además, las encargadas de ejecutar ciertas políticas públicas vinculadas con una o más ramas de la Bt.

Así entonces, es el Estado el que define los vínculos de nuestro el país con el exterior así como los vínculos entre las diferentes comunidades que componemos al tejido social y que incluyen, entre otras, a los investigadores, ONG, instituciones diversas y a la población en general. Ya que hemos definido y analizado algunas de las principales atribuciones del Estado como el agente más importante en relación con el desarrollo de la Bt, ahora debemos abordar al resto de los elementos aquí señalados sin dejar de establecer la relación que estos tienen con el propio Estado y entre sí. Iniciemos con las Instituciones.

Como se señaló antes, por Instituciones nos referimos a todas aquellas universidades, centros e institutos de investigación públicos o privados, así como al Sector Salud, en los que se realiza algún tipo de investigación biotecnológica cuyo financiamiento proviene fundamentalmente, si no es que de manera total, por parte del Estado. Todas ellas tienen funciones tan diversas como fundamentales para el desarrollo de ciertos aspectos de

---

<sup>314</sup> No debe olvidarse tampoco que anteriormente mencionamos de manera continua al Gobierno y administración federal, toda que con el gobierno hacemos referencia a un grupo de funcionarios que son parte de un aparato político y los responsables del establecimiento de diferentes políticas públicas que vinculan a todos los individuos, incluyendo a los gobernantes y a los gobernados. Vid., Giddens, Antony, Op. cit.

la Bt. Destacamos, por ahora, las investigaciones así como la formación de recursos humanos altamente calificados que, de manera paulatina, han ido resolviendo la demanda de los mismos por parte del o de los sectores industriales en los que se emplea algún tipo de Bt. Es importante añadir a esta disertación que si bien es en las instituciones públicas en donde se general la mayor parte de las investigaciones, así como la formación de recursos humanos, ello no resta importancia a lo que sucede en las instituciones que son fondeadas por medio de recursos privados, aún cuando su participación sea más reducida en ese sentido.

Ahora, cuando hablamos de las y los Investigadores hay que considerar que estos se pueden relacionarse ya sea con las instituciones públicas y/o con el sector privado. Dichos agentes, es decir los investigadores, contribuyen junto con las Instituciones a la formación y capacitación de los recursos humanos requeridos por el país en las áreas de la Bt. Si bien estos se generan y/o desarrollan tanto en el sector público como en el privado, es este último el que mantiene vínculos más estrechos con el sector industrial. De hecho, a decir de Raúl Meixueiro, los investigadores del sector público, particularmente en las universidades, llegan a tener actitudes de franco rechazo en lo que se refiere a la vinculación con el sector industrial.

En relación con lo anterior es indispensable recordar que en nuestro país el Estado es el principal garante de los apoyos otorgados para la investigación tecnocientífica y, que, por su propio desarrollo histórico, la mayor parte de estas investigaciones se han dirigido a atender problemas y necesidades urgentes cuya solución es imperativa, lo que a su vez también dota de cierto perfil a los recursos humanos generados en los ámbitos financiados por el Estado, sin que ello termine siendo determinante para evitar la vinculación y/o incorporación de los mismos al ámbito privado.

Ahora bien, todo lo señalado está lejos de hacernos pensar que el Estado mexicano no pueda ser considerado como un agente emprendedor el cual, ciertamente y por desgracia, no siempre ha tomado las mejores decisiones ya sea por las condiciones precarias que ha impuesto la economía globalizada, especialmente a partir de la década de los 80, o por la falta de sensibilidad, planeación y transparencia en muchos los asuntos relacionados con el impulso de programas y los recursos destinados al desarrollo de la

tecnociencia. A pesar de las fallas, sería por demás equivocado el hacer menos los esfuerzos y logros que han tenido lugar en la investigación básica que termina siendo la base de la investigación aplicada, ambas desarrolladas en muchas de nuestras instituciones públicas y que contemplan lo que se realiza en la propia esfera de la Bt.<sup>315</sup>

Entre las instituciones más destacadas con las que contamos, ya sea por la cuantía y calidad de las investigaciones que realizan en diversas ramas de la Bt, o por su desatada participación en la formación de recursos humanos gracias a los recursos proporcionados por el Estado están el CINVESTAV, el Instituto Politécnico Nacional, la UNAM, la Universidad Autónoma Metropolitana, el IMSS y el ISSSTE, entre muchos otros. Por supuesto toda institución, programa y apoyo no sólo es perfectible sino que, también, debe estar sujeto a una revisión constante y/o periódica de los fines que persigue así como al escrutinio y a la rendición de cuentas. Conviene igualmente agregar que de la misma manera en que no existe Estado alguno que sea autárquico, las instituciones y el quehacer de los investigadores tampoco lo es, por lo que también debemos valorar debidamente las relaciones que todo este universo de instituciones, investigadoras e investigadores establecen con sus pares dentro y fuera de México.

Ahora bien, como lo ha demostrado esta investigación no es sencillo medir con exactitud el estado que guarda el desarrollo de la Bt en México. Sin embargo, contamos con algunos elementos que nos permiten conformarnos una idea al respecto siendo, quizá, el principal el que se refiere a los Investigadores. En septiembre de 2020, miembros de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería señalaron que nuestro país contaba con más de 9 mil profesionales activos en estas áreas, y que estos ejecutaban alrededor de una tercera parte de las investigaciones tecnocientíficas realizadas a nivel nacional. Así mismo, señalaron que para ese momento en el país existían más de 600 programas de estudio a nivel licenciatura y 320 posgrados con un enfoque en Bt, cuya matrícula superaba los 7 mil estudiantes inscritos quienes, amén de participar en numerosos programas de

---

<sup>315</sup> Para comprender mejor el papel que juega el Estado como un agente emprendedor se sugiere la revisión de Mazzucato, María, *Op. cit.* En el caso de nuestro país, si bien no contamos propiamente con experiencias en ese sentido en lo que se refiere a la Bt, sí las tenemos en otros ámbitos y con otras empresas que nos dejan ver el papel que jugó el Estado mexicano antes de que las mismas fueran privatizadas durante las dos últimas décadas del siglo XX, y entre las que podemos mencionar a Teléfonos de México, SIDERMEX, Fertimex, Ferrocarriles Nacionales, aeropuertos y líneas aéreas, entre muchas otras.



investigación, también estaban vinculados con alrededor de medio millar de empresas biotecnológicas establecidas en México<sup>316</sup>.

¿Cómo deben interpretarse estos números? Sabemos que en la disciplina histórica no sólo tratamos con cuestiones cualitativas sino, también, cuantitativas. Como resultado de las entrevistas que fueron realizadas para esta investigación, puede establecerse que el consenso que privó entre los entrevistados fue que nuestro país si bien cuenta con recursos humanos altamente capacitados en algunas ramas de la Bt, y que estos han venido creciendo numéricamente en los últimos años, aún no puede señalarse que sean los suficientes o la cantidad óptima requerida por el país. Ahora, la opinión de los entrevistados también dejó ver que nuestra situación a ese respecto no es desesperanzadora. Por ejemplo, José Ernesto Ramírez<sup>317</sup> y Uriel Urquiza García<sup>318</sup> apuntan que con el paso del tiempo las instituciones encargadas de estas áreas han ido ensanchando el número de egresados, resaltando que estos nuevos recursos humanos cuentan con los conocimientos y capacidades para encontrarse entre los mejores del mundo, lo que ha permitido ir resolviendo algunas de las carencias que ha presentado el desarrollo de la Bt, particularmente la relacionada con la cibernética y el desarrollo de software que, de acuerdo con la clasificación que ofrecimos antes, corresponde a la **Bt dorada**.

Ha quedado claro que el desarrollo de la tecnociencia en México depende en su inmensa mayoría, que no únicamente, de los recursos otorgados por el Estado principalmente a través del CONACYT, siendo éste uno de los actores principales que definen la relación entre el Estado con las Instituciones y la comunidad científica nacional. Si bien anteriormente hemos apuntado que, en promedio, entre 1970 y 2018 el porcentaje del PIB destinado a Ciencia y Tecnología fue del 0.418%, tampoco debemos dejar de

---

<sup>316</sup> “Piden a Conacyt que restituya a la biotecnología en el reglamento del SNI. Expresidentes de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería enviaron una carta dirigida a María Elena Álvarez-Buylla, titular del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”, *El Universal*, Ciencia y Salud, México, 25 de septiembre de 2020. Versión electrónica en

<https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/tecnologia/piden-conacyt-que-restituya-la-biotecnologia-en-el-reglamento-del->

[sni#:~:text=Conacyt%20deja%20fuera%20la%20biotecnolog%C3%ADa%20en%20reglamento%20del%20SNI&text=La%20eliminaci%C3%B3n%20de%20la%20Biotecnolog%C3%ADa,21%20de%20septiembre%20de%202020](https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/tecnologia/piden-conacyt-que-restituya-la-biotecnologia-en-el-reglamento-del-sni#:~:text=Conacyt%20deja%20fuera%20la%20biotecnolog%C3%ADa%20en%20reglamento%20del%20SNI&text=La%20eliminaci%C3%B3n%20de%20la%20Biotecnolog%C3%ADa,21%20de%20septiembre%20de%202020) Consultada el 26 de septiembre de 2020.

<sup>317</sup> Entrevista a José Ernesto Ramírez González, Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE), 4 de agosto y 6 de octubre de 2020.

<sup>318</sup> Entrevista a Uriel Urquiza García, Universidad de Dusseldorf, Alemania, 27 de abril de 2020.

señalar que la percepción sobre el financiamiento a la ciencia, y a la **Bt** en particular, también está sujeta a consideraciones variadas. Por ejemplo, uno de los entrevistados señaló que la institución en donde desarrolla sus investigaciones también participa en la formación de recursos humanos, y que si bien el apoyo del Estado no siempre ha sido el óptimo nunca ha estado ausente. Al mismo tiempo, añadió, la institución a la que está adscrito mantiene convenios de colaboración sumamente importantes con institutos y centros de investigación extranjeros e internacionales<sup>319</sup>.

En un tenor semejante Ismael Ledesma Mateos señaló que, incluso antes de la creación del CONACYT (a partir de la cual podemos rastrear claramente el porcentaje del PIB destinado a CyT), diferentes gobiernos se esforzaron de manera notable por dotar al país de recursos económicos, humanos y de una infraestructura que fuera competitiva a nivel internacional, siendo el ejemplo más notorio la creación del CINVESTAV en 1961 y la propia creación del CONACYT en 1970. Por supuesto, para Ismael Ledesma, no debemos soslayar que fue a partir de la década de los años 80 y el arribo de los gobiernos neoliberales, particularmente los de Enrique Fox Quezada, Felipe Calderón Hinojosa y Enrique Peña Nieto (2000-2018), que la ciencia nacional ha vivido sus peores momentos<sup>320</sup>.

A partir de esto último cabe destacar un comentario ofrecido por Antonio Lazcano Araujo quien señaló que incluso antes de los años 60 grupos de científicos precursores, pertenecientes particularmente a la Universidad Nacional y al IPN, no dejaron de insistir en la importancia de la ciencia ni de luchar porque se destinaran fondos suficientes bajo un esquema que permitiera la descentralización de estas actividades. De igual forma apuntó que, no obstante las limitantes y problemas a los que se enfrenta la ciencia nacional en cuanto a la falta de recursos necesarios para su desarrollo, el o los esfuerzos llevados a cabo por los miembros de la comunidad científica y los estudiantes deben ser altamente valorados, especialmente porque en general la clase política en México no se ha percatado

---

<sup>319</sup> De manera específica, en el caso del InDRE, José Ramírez González menciona a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Centro de Prevención de Enfermedades de Atlanta en Estados Unidos, la Universidad de Oxford en el Reino Unido, y el Instituto Pasteur de Francia.

<sup>320</sup> Si bien, aunque el periodo de esta investigación abarca de 1973 a 2018, no está por demás apuntar que, en los momentos en que se redacta este trabajo, se ha presentado una intensa discusión con respecto a la extinción de diversos fideicomisos muchos de los cuales están dirigidos al apoyo de investigaciones científicas y tecnológicas, lo cual merecerá un comentario muy acotado como parte de nuestras conclusiones.

de que la ciencia es un elemento indispensable para la cultura y el avance de la sociedad contemporánea<sup>321</sup>. Con base este comentario entendemos que si la tecnociencia no es justamente valorada ni impulsada como parte de la cultura cotidiana, mucho menos lo será su historia y de ahí el que destaquemos una vez más la importancia que tiene la investigación que hemos presentado a lo largo de todo este trabajo.

En relación con lo anterior conviene recordar que para Raúl Mexiueiro, por diversas razones, existe una vinculación muy pobre entre los investigadores que se forman en las instituciones públicas y el sector productivo, lo cual es una falla de tal magnitud que ésta deriva en pérdidas que afectan lo mismo a las instituciones y a los grupos de científicos, que al sector industrial y al país en su conjunto. Ampliando estas consideraciones dicha carencia es, a su vez, una de las causas que provocan que en el ámbito de la **Bt roja** y muy específicamente en el de la farmacología, sean los laboratorios privados y no los de las instituciones públicas los que llevan a cabo la mayor parte de las investigaciones e innovaciones farmacéuticas<sup>322</sup>.

R. Mexiueiro añadió que si bien no se deben ignorar el esfuerzo e importancia de laboratorios con sede en nuestro país<sup>323</sup>, la realidad es que en cuestiones de producción de

---

<sup>321</sup> Una de las formas en que Antonio Lazcano ilustra el esfuerzo de nuestras comunidades científicas es a partir del trabajo que éstas han realizado a partir de la pandemia causada por el SARS-COV2. Al respecto, el entrevistado señaló “Bueno, si uno se fija en todo el país, en absolutamente todas las instituciones académicas del país, hay grupos de investigadores que están tratando de colaborar para enfrentar la pandemia. La generosidad con la que ha respondido la comunidad académica es impresionante. Ve uno esfuerzos desde por desarrollar pruebas, por buscar anticuerpos, por tratar de desarrollar vacunas, por hacer modelos matemáticos de la pandemia, por hacer análisis de las consecuencias sociales de género, económicas, culturales de la pandemia en todo el país, absolutamente en todo el país.

Incluso yo iría un poco más lejos y diría que el silencio de las universidades provocado por la pandemia es roto cotidianamente por la gente que sigue dando clases, que sigue dando conferencias, que están yendo a trabajar en condiciones a veces muy, muy difíciles... No conozco una sola institución académica en donde no haya una preocupación, un trabajo por tratar de enfrentar lo que el país está viviendo y eso habla, precisamente, de ese sentido de compromiso que, no solamente los investigadores, no solamente los maestros sino, también, los jóvenes, los estudiantes están teniendo que es verdaderamente admirable.” Entrevista a Antonio Lazcano Araujo, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias, 15 de julio de 2020.

<sup>322</sup> *Cfr.*, Uriel Urquiza, por el contrario, sostiene que en general las compañías farmacéuticas realmente no son innovadoras toda vez que su quehacer tecnocientífico se ha basado en el que ha realizado el Estado, sin que retribuyan a éste y a la sociedad los beneficios que obtienen de lo que en inglés se denomina como “The entrepreneurial State”, *Vid.*, Mazzucato, María, *Op. cit.*

<sup>323</sup> Raúl Mexiueiro mencionó que el establecer una planta productora de fármacos en nuestro país no es cosa sencilla, iniciando por los costos que tiene su construcción y equipamiento, que bien pueden ser superiores a los 50 millones de dólares, sin contar los que derivan de su operación y funcionamiento. Entrevista a Juan Raúl Mexiueiro Montes de Oca.

fármacos, México depende hasta en un 90-95% de la importación de los mismos para satisfacer la demanda interna. En cuanto a las posibilidades de cambiar el tipo de relación que hasta ahora ha primado entre los investigadores de las instituciones públicas y el sector productivo nacional, el entrevistado considera que cualquier solución a la que se llegue ésta debe ser encabezada por las instituciones públicas, especialmente las universidades lo que en nuestra consideración vuelve a destacar el papel primordial del Estado en el desarrollo de la Bt en México.

En este punto de nuestro análisis cabe preguntarse si acaso el Estado no ha buscado encontrar una salida a estos problemas. La respuesta sólo puede ser afirmativa, así entonces ¿Por qué no hemos dado con una solución? Más allá del monto de los recursos destinados al desarrollo de la tecnociencia en nuestro país, la falla más notable que sufrimos es que la miseria humana termina por pervertir lo que pudiera llegar a ser virtuoso. Al pasar de las décadas programas y propuestas van y vienen, pero lo que ha permanecido es la discrecionalidad en la toma de decisiones, la falta de transparencia en el empleo de los recursos del erario y, ante todo, la nula rendición de cuentas ante lo que ningún proyecto puede tener éxito.

Ignoro la cantidad total de las propuestas y proyectos que han sido formulados con el correr de los años, mas podemos tener la certeza de que no han sido pocos y que cada uno ha contado con argumentos de peso que han avalado, en su momento, la instrumentación de los mismos. Baste con mencionar, por ejemplo, al Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (PRINDETYC), y al Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior (PRONAFICE), ambos vigentes durante la década de los años 80 cuando nuestro país se incorporó de lleno a las políticas económicas prevalecientes en el ámbito Latinoamericano, y que marcaban el retraimiento del Estado como un agente activo en las actividades económicas y de desarrollo científico. Otros ejemplos los encontramos en los programas Nacional de Modernización Industrial y del Comercio Exterior (PRONACIME) y el de Ciencia y Modernización Tecnológica, ambos

instrumentados en el periodo 1990-1994<sup>324</sup>; En periodos más recientes contamos al Programa de Estímulos a la Innovación (el cual entre el 60 y 70% de los programas aceptados era financiado por el Gobierno)<sup>325</sup> así como a PROMEXICO, ambos cancelados en 2019.

No está demás incorporar a nuestro análisis el que no sólo las universidades públicas y las instituciones de salud, u otros centros de investigación, han buscado mantener un vínculo con el Estado con el objetivo de allegarse de recursos y encontrar mecanismos con los cuales alcanzar más fácilmente las metas propuestas, en torno al desarrollo de la tecnociencia. Ésta también ha sido una preocupación compartida por diferentes agrupaciones que, de una u otra manera, han intentado apoyar con sus conocimientos y perspectivas al desarrollo de la CyT en México. En ese tenor podemos contar al Núcleo de Estudios Interdisciplinarios en Salud y Derecho (NEISD). Destaco al NEISD porque éste refleja cómo el propio Estado y los grupos políticos parlamentarios no siempre se encuentran en la mejor disposición para entablar un diálogo inter y multidisciplinario, que enriquezca el conocimiento de quienes políticamente están vinculados con la toma de decisiones en materia tecnocientífica.

En lo que se refiere al NEISD, cuando realicé mi tesis de maestría, tuve la oportunidad de entrevistar a la Mtra. Marcia Muñoz (q.e.p.d.), quien mencionó el acercamiento que había tenido lugar entre el NEISD y quienes habían estado vinculados políticamente con la creación y fondeo del Instituto Nacional de Medicina Genómica. Sin embargo, cuando intenté rastrear para este trabajo las actividades del NEISD en relación con la toma de decisiones en materia legislativa sobre los OGM, y la Bt en general, quien fuera hasta poco su Coordinadora me señaló que hacía tiempo que el NEISD no había sido invitado a tomar parte en estas discusiones y que, al momento de escribir estas líneas, el Núcleo no contaba con alguien que lo coordinara.

---

<sup>324</sup> Juan Humberto Urquiza García, “Un modelo de bajo impacto energético para el desarrollo de México y de América Latina”, Tesis de Licenciatura en Estudios Latinoamericanos, Asesor, Ignacio Sosa Álvarez, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía y Letras, 2005, 162 p.

<sup>325</sup> Con respecto a dicho programa, el entrevistado señaló que la opacidad y los favoritismos provocaron que, como otros intentos previos, este proyecto se desvirtuara y fuera cancelado eventualmente. Entrevista a Juan Raúl Meixueiro Montes de Oca.

Algo semejante a lo anterior ha sucedido con la la **Bt verde** la cual despierta el mayor número de posiciones encontradas. De manera específica Agustín López Munguía apunta, junto con Antonio Lazcano, que existe una falta de cultura científica por parte de las élites gobernantes<sup>326</sup>. López Munguía añadió que la carencia de canales para la divulgación de la **Bt verde**, provocó que ésta terminara por ser satanizada por la mayor parte de la población e, incluso, por buena parte de la *intelligentsia* en México que no ha visto con buenos ojos los descubrimientos y propuestas generadas incluso por el propio Instituto de Biotecnología de la UNAM, u otros centros e institutos de investigación de renombrada importancia.

¿Esto quiere decir que los entrevistados desdeñen a los saberes y las prácticas generadas por los pueblos originarios, incluyendo la gran variedad de gramíneas y otros productos agrícolas que han generado y perfeccionado con el andar de los años? En absoluto, tampoco quiere decir que los argumentos de algunos grupos ecologistas en la defensa del medio ambiente no sean formidables, tal y como lo aceptó Antonio Lazcano; sin embargo, ello no significa que las mujeres y los hombres de ciencia hayan renunciado a la obligación de divulgar el conocimiento generado en el área de la **Bt verde**, ante las ventajas que ésta puede ofrecer para la solución de dificultades diversas relacionadas con la producción, la demanda y la conservación de diferentes alimentos, así como afectaciones medioambientales. Por supuesto que en dicha divulgación no deben omitirse los riesgos que son propios de cualquier tecnología y prácticas agrícolas (incluyendo a las ancestrales); sin embargo, está fuera de toda duda que si se lograran tender diferentes canales de comunicación con los diversos grupos de agricultores y productores de semillas locales, buscando trabajar con ellos de manera conjunta, los resultados serían por demás esperanzadores para los problemas que han sido mencionados.

Ampliando los comentarios ofrecidos por Agustín López Munguía sobre la satanización a la que ha sido sujeta la **Bt verde**, es conveniente que también incluyamos

---

<sup>326</sup> Leonardo Frías, “Aumenta la incultura científica: Lazcano. Se han avivado las manifestaciones de la seudociencia, advierte el académico de la Facultad de Ciencias”, *Gaceta UNAM*, México, 28 de junio de 2018, Versión electrónica en <https://www.gaceta.unam.mx/aumenta-la-incultura-cientifica-lazcano/> Consultada el 15 de marzo de 2019. Entrevista a Agustín López Munguía Canales.

en nuestro análisis otros elementos que han llevado a algunos actores y/o agentes a rechazarla. En ese sentido y para los fines que persigue esta investigación deberíamos ahondar en los motivos que llevan a algunas grandes empresas, lo mismo que a ciertos microempresarios, a rechazar la siembra de semillas transgénicas. Por ejemplo, al analizar detalladamente las discusiones en las que participó la ONG Greenpeace al apoyar a algunos apicultores mexicanos, que se opusieron a la siembra de soya transgénica en la península de Yucatán, observamos que el argumento principal señalaba el peligro que representaba la soya transgénica para las abejas, lo mismo que para una serie de plantas y cultivos endémicos<sup>327</sup>. Sin embargo, López Munguía aclaró que un elemento ausente en ese debate fue el que la miel de estos apicultores se dirige a un mercado europeo, muy selecto, el cual la rechazaría si ésta presentara una “contaminación” en ese sentido. Siendo así, podemos preguntar si el rechazo a los OTG obedece sólo a un interés por el medio ambiente o a las demandas que impone el mercado<sup>328</sup>. Lo mismo sucede con la presencia e interés que tiene el grupo industrial MASECA en ese mismo mercado y en de otros continentes, sobre lo cual ya hemos discutido anteriormente.

Así entonces, lo expuesto hasta ahora nos devuelve a una discusión anterior. Ésta es: ¿La ciencia y las aplicaciones de la misma pueden, o deben, estar sujetas a prácticas democráticas? ¿O deben responder a las demandas que imponen los mercados nacional e internacional? Cualquiera que sea la consideración que cada persona tenga al respecto lo cierto es que siempre estaremos lejos de alcanzar un consenso absoluto, que por sí mismo es imposible, tal y como nos lo señala Nicolas Rescher al hablarnos del pluralismo orientativo y los valores cognoscitivos que dan sustento a nuestros juicios de opinión<sup>329</sup>.

Empero, la imposibilidad de llegar a un acuerdo de amplia envergadura no significa que toda postura termine siendo relativa, ni que toda proposición tenga la misma validez

---

<sup>327</sup> A la fecha no existen estudios concluyentes que demuestren que la disminución en el número de abejas polinizadoras y productoras de miel se debe al desarrollo de semillas transgénicas, como sí a otros efectos entre los que destacan el calentamiento global y el uso de plaguicidas en la inmensa mayoría de las áreas de cultivo en el planeta.

<sup>328</sup> Entrevista a Agustín López Munguía Canales.

<sup>329</sup> Rescher, Nicolas, *La lucha de los sistemas*, Trad. Adolfo García de la Siernra, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 1995, 387 p.

que otras con las que coincide en un tiempo y espacio determinado<sup>330</sup>. No sorprende entonces que el desarrollo de la Bt en México ilustre, de manera excepcional, la imposibilidad de lograr un consenso pleno en torno a diferentes ramas de la misma incluso cuando los argumentos que se presenten no se basen en la doxa, sino en la investigación y comprobación de resultados. En ese tenor considero que las decisiones a tomar con respecto al desarrollo de la tecnociencia en nuestro país, incluyendo a la Bt, deben ser independientes del propio Estado siendo reguladas por un grupo comités pertinentes, capacitados y sensibles para abrazar dicha tarea. Esto no significa que el papel del Estado sea menor, al contrario, es de una importancia fundamental pues debe asegurar que el fondeo de estas investigaciones y la evaluación permanente de las mismas no dependa de los caprichos del Gobierno federal en turno ni de otros agentes, ya sean públicos o privados.

Como podemos observar, los agentes aludidos hasta ahora (el Estado, las Instituciones, las y los Investigadores), ven definida la interacción entre sí a partir del desarrollo e instrumentación de diferentes políticas públicas y/o privadas en torno a la Bt. Estas interacciones están revestidas de tal importancia que, nuevamente, es necesario traer a esta discusión si el desarrollo de la Bt en general debe obedecer o no a decisiones democráticas. Reitero que mi opinión es que no, ni el desarrollo tecnocientífico ni sus aplicaciones deben quedar sujetos a prácticas democráticas, o al menos no en el sentido e importancia que tiene la participación social y ciudadana en otros rubros.

Al igual que quienes han leído este análisis soy consciente de que en las ciencias, incluida la Historia, no existen las respuestas definitivas ni completamente objetivas lo que también me obliga a matizar mi postura. El que el desarrollo e instrumentación de la Bt no deban responder a la democracia no significa, en absoluto, que debamos ignorar o desdeñar los saberes, prácticas, usos y costumbres de diversas comunidades originarias que por sí mismos constituyen una riqueza que debemos defender y perpetuar, ya se trate del ámbito

---

<sup>330</sup> De acuerdo con N. Rescher, la manera en que se resuelve semejante dicotomía parte de considerar la sistematización de los elementos y la argumentación con las que explicamos un fenómeno determinado y que, a partir de una comparación y análisis pertinentes, nos permite establecer cuándo una propuesta de explicación es más sólida que otra.



cultural o el que contempla el desarrollo de un fitoplasma que contribuye a la diversidad biológica.

Considero que los argumentos y juicios con los que defendamos el desarrollo y aplicación de la Bt deben responder a un criterio técnico, a una serie de estudios basados en los resultados que arrojen las investigaciones pertinentes y nunca en la opinión no fundamentada científicamente, o fundada tan sólo en algunos cuantos elementos que sean seleccionados de manera *ad hoc* y que, por tanto, estén descontextualizados. De igual forma, los argumentos con los que se defiende a la Bt deben considerar las discusiones provenientes del campo de la bioética en las que se contempla, además, que toda aplicación biotecnológica debe estar sujeta a un seguimiento y evaluación permanentes a fin de que se realicen los ajustes necesarios o, incluso, ésta se cancele si los datos recabados y analizados así lo sugieren y/o señalan.

En relación con lo anterior la mayoría de los investigadores a quienes tuve la oportunidad de entrevistar, consideran que la tecnociencia y sus aplicaciones no deben obedecer a consideraciones puestas a consenso. Sin embargo, en lo que todos ellos coincidieron fue en que para alcanzar los mayores beneficios que ofrece la instrumentación de la Bt debemos establecer canales de diálogo entre las autoridades gubernamentales y los diferentes grupos de científicos, las distintas ONG y los grupos sociales para decidir la mejor manera en que una Bt pueda ser o no aplicada en diferentes espacios y en tiempos específicos. Parafraseando a Ismael Ledesma Mateos, hay que aceptar que si bien la ciencia no es democrática, sí puede ayudar al avance y afianzamiento de la democracia.

Lo anterior depende no sólo de contar con una educación y cultura científica sino también, y de manera indispensable, de que los beneficios generados por la Bt no sean acaparados por un pequeño grupo de individuos y/o ciertas empresas o sectores gubernamentales; por el contrario, antes deben alcanzar con el mayor grado de equidad y justeza posible a los conglomerados sociales. Esto puede sonar baladí mas no lo es dado que el Estado puede, y debe, fomentar el diálogo entre todos estos agentes a partir de una divulgación y difusión de los conocimientos, posibilidades y riesgos que representa esta rama de las ciencias de la vida defendiendo siempre el interés de la nación en su conjunto. Tal y como lo hemos desarrollado en capítulos anteriores, muchas de estas metas han sido

perseguidas a partir de los convenios y tratados internacionales de los que nuestro país ha sido signatario y entre los cuales destacamos ahora el Protocolo de Cartagena, el Convenio de Diversidad Biológica, el Protocolo de Nagoya y el Acuerdo de París.

Es necesario apuntar que aunque los acuerdos internacionales que persiguen la protección del medio ambiente y los aportes de los pueblos originarios así como su bienestar, no son enteramente coincidentes con los tratados de índole comercial ni con los que se refieren al registro y respeto de patentes<sup>331</sup>, ello no significa en absoluto que el Estado mexicano carezca de los medios reconocidos en estos acuerdos para obtener los mayores beneficios posibles en el desarrollo y aplicación de la Bt, incluyendo la transferencia de tecnología de punta. Ahora bien, se debe reconocer de manera específica que aunque tales tratados contemplan una serie de posibilidades que en ese tenor pueden favorecer a países como el nuestro, también debemos aceptar que nuestra economía está sujeta de manera desmedida a la esfera de influencia estadounidense, en la que prácticamente todo lo realizado por el ser humano es patentable y en la que no se tienen consideraciones hacia los países en desarrollo<sup>332</sup>.

Reitero que el progreso y aplicación de la Bt en México no pueden estar sujetos a la deliberación de índole democrática, especialmente cuando se trata de decisiones vinculadas con la protección del medio ambiente, la seguridad alimentaria y, no se diga, la salud animal y humana. Sin embargo, también reconozco que las imposiciones poco o nada abonan en favor de la aceptación de las bondades y ventajas que devienen de la tecnociencia. En este sentido vuelvo a destacar al Estado como el agente principal capaz de impulsar entre la población la divulgación de estos conocimientos, a sabiendas de que los proyectos que en ese tenor han llegado a ser presentados no pueden alcanzar sus metas en el corto plazo.

La intención anterior se ha visto entorpecida por la ineficiencia de un sistema educativo que ha sido capaz de lograr, de manera exitosa y contundente, la penetración del

---

<sup>331</sup> En relación con este tema podemos mencionar al TLCAN, ahora TEMEC, y al Acuerdo sobre los Aspectos de Propiedad Intelectual (TRIPS por sus siglas en inglés), al que nuestro país está adscrito por ser miembro de la Organización Mundial de Comercio.

<sup>332</sup> *Vid.*, Kumar Singh, Kshitij, *Biotechnology and intellectual Property Rights. Legal and Social Implications*, India, Springer, 2015, 254 p.

conocimiento científico en el nivel medio y superior, como tampoco lo ha sido en las etapas formativas iniciales de los individuos. Sin embargo, incluso a pesar de tales deficiencias el Estado no se encuentra impedido, ni imposibilitado, para comenzar a tender las líneas que nos lleven a esa meta en el mediano o largo plazo y en el que las instituciones públicas, como apuntaron los entrevistados, jugarán el papel más relevante en ese sentido.

Todo lo anterior dirige ahora nuestra atención al último de los cuatro agentes que hemos mencionado, mas no el menos importante: los Consumidores. Este grupo es tan vasto como heterogéneo pues engloba a todos, absolutamente todos los miembros de ese tejido social al que llamamos México y que incluye tanto a los individuos como a las y los Investigadores, lo mismo que a las Instituciones. En nuestro carácter como Consumidores, independientemente de que seamos personas a pie de calle, empresarios, investigadores o legisladores, no es posible ignorar el hecho de que demandamos y adquirimos bienes y productos biotecnológicos de toda índole ya sean alimentos (procesados o no), semillas, textiles, pinturas y fármacos entre muchos otros, los cuales son adquiridos y/o consumidos independientemente de si se tiene conciencia o no de ello. Así entonces las decisiones que tomemos como parte de ese gran agente que son los Consumidores, pueden tener una influencia contundente no sólo en algunos rubros de ese mercado sino, también, en las políticas públicas diseñadas e instrumentadas por el Estado a ese respecto.

Es claro que a título individual mantengo una postura favorable hacia la Bt en general lo que no significa que la acepte de manera ciega, como tampoco el que sea capaz de mantener una coherencia plena entre mis reflexiones y mi actuar en relación con el medio ambiente y con ese tejido social al que me he referido. Trataré de explicarme. En tanto consumidores por más que busquemos respetar a los ecosistemas y a las diferentes formas de vida, no podemos soslayar que nuestra sola existencia ha rebasado, desde hace mucho, la capacidad del medio ambiente para poder regenerarse y mantener cierto equilibrio<sup>333</sup>.

---

<sup>333</sup> Vid.,

[https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_PressRelease\\_ES.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_ES.pdf);

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.CBRT.IN>;

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.CDRT.IN>;

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL> Consultadas el 11 de noviembre de 2020.

El dato más representativo de este problema está en el número de individuos que diariamente se suman a la población total del planeta, y que deben ser alimentados. Con base en estadísticas provenientes de la Organización de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, hacia 2019 el número total de habitantes a nivel global era cercano a los 7 mil 700 millones. Tomando este número como base y aplicándolo a la cantidad de nacidos vivos y restando los fallecimientos que tienen lugar por cada mil habitantes, de acuerdo con los datos disponibles, para 2018 se sumaban diariamente más de 220 mil personas a la población global del planeta. Esto es más de 80 millones de personas al año lo que equivale a casi dos veces la población de Argentina,  $\frac{2}{3}$  la de México, 2.4 veces la de Canadá, 7 veces la de Cuba y más de 23 veces la de Uruguay. Si a ello añadimos que nuestras actividades cotidianas y ciertos hábitos de consumo atentan directamente contra el medio ambiente global, el problema a resolver se vuelve mucho más complejo  **aunque no imposible de solucionar o, al menos, de atenuar de manera considerable.**

Como una de las consecuencias que ha traído el desmedido aumento poblacional, está la necesidad de lograr una mayor producción de alimentos. El reto es que ello se logre sin afectar los ecosistemas que aún pueden ayudarnos a mantener cierto equilibrio medioambiental, particularmente en América Latina y ciertas regiones de África y Asia, y sin renunciar a los intentos de restauración de los que se ya se han visto afectados siendo este punto en el que la Bt puede ofrecernos alternativas formidables. Por supuesto, debemos reiterar que la Bt por sí sola no puede dar solución a la demanda de alimentos, pero si el desarrollo de la misma se lleva a cabo junto con cambios estructurales a nivel global en cuanto a la distribución de la riqueza, acompañados por mejoras notables en el nivel educativo de los individuos, podremos generar alternativas que resulten mucho más viables ecológicamente -a diferencia de los mecanismos en los que se basó la Revolución verde para aumentar la producción de diferentes gramíneas y vegetales-; esto por no hablar de los procesos de biorremediación en los que la Bt jugará un papel fundamental en los próximos años. De nueva cuenta, la disciplina histórica será fundamental para que, al estudiar el desarrollo biotecnológico, seamos capaces de obtener mucho mejores dividendos.



334

Debemos insistir en que no hay posibilidad alguna de que logremos una posición plenamente consensuada respecto a la forma en que podemos, o debemos, tratar de empatar las necesidades humanas con el respeto a los ecosistemas, el medio ambiente y a otras formas de vida. Sin embargo, tampoco debemos olvidar que la falta de consenso no significa per se una incapacidad que nos limite, como sí una situación potencialmente enriquecedora que si bien no nos permitiría solucionar todos los problemas que enfrentamos, sí podría resolver algunos o muchos de ellos quizá de manera definitiva.

El eje para acercarnos a una arreglo con mayores alcances radica en que, en tanto estudiosos de la Historia de la ciencia, no caigamos en lo que René Dubos califica como la “deshumanización del hombre de ciencia”<sup>335</sup>, esto es en el alejamiento que se imponen los investigadores con respecto al resto del tejido social al cual pertenecen, y a lo que ahora debemos añadir el cuidado del medio ambiente a gran escala. Más allá de nuestra

<sup>334</sup> Vid., <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> Consultada el 11 de noviembre de 2020.

<sup>335</sup> Vid., Dubos, René, *Op. cit.*

aceptación y/o rechazo de los productos, prácticas y aplicaciones que derivan de la Bt, lo cierto es que nadie está en la capacidad de sustraerse de los efectos que ella provoca en lo social, lo cultural, lo económico y lo medioambiental, por sólo mencionar algunas esferas.

Es a partir de lo anterior que apelo al espíritu filosófico que tienen las disciplinas científicas, incluyendo la Historia y haciendo hincapié en que esta última, quizá más que ninguna otra, tiene por fin último la divulgación y difusión de los conocimientos generados por ella. A partir de un enfoque sistémico, multidisciplinario y crítico la Historia de la ciencia nos muestra que los individuos estamos inmersos en el ámbito de la Bt, pudiendo ser ubicados en cualquiera de los cuatro agentes que la forjan y que para lograr los mejores resultados de un fenómeno histórico, que es irreversible, debemos ser lo más conscientes posible de sus virtudes y defectos, de lo que debemos hacer si la aplicación de ciertas biotecnologías no nos favorece, así como de lo que debemos impulsar en caso de que sí lo hagan.

Al final, ya se trate de alimentos procesados, fármacos, software, u otros productos de diversa índole, serán nuestro conocimiento acerca de la Bt y la propia vinculación que establezcamos con el Estado, en sus diferentes niveles, los que dictarán cuáles son las posibilidades que tenemos como tejido social ante un desarrollo tecnocientífico que si bien no es tan novedoso como pudiera llegar a pensarse, sí lo es como un objeto de estudio que hasta ahora hemos soslayado no obstante su relevancia y ya prolongada existencia.

Evidentemente, dependiendo de la situación, cada uno de los cuatro agentes que hemos señalado tendrá mayor relevancia que los otros en determinados ámbitos, pero al final todos ellos estarán enlazados a un mercado internacional de bienes y servicios biotecnológicos.

Los problemas que en conjunto enfrentan las sociedades, el medio ambiente, los ecosistemas y las diversas formas de vida distintas a la nuestra y que aún sobreviven, no podrán ser resueltos sin incorporar lo que sea más útil y pertinente de toda esa biotecnología que consciente o inconscientemente consumimos, apoyamos y/o rechazamos de manera cotidiana, y de ahí la importancia de estudios históricos como el que aquí se ha ofrecido.

## CONCLUSIONES

*La interpretación de la realidad con esquemas ajenos  
sólo contribuye a hacernos cada vez más desconocidos,  
cada vez menos libres,  
cada vez más solitarios.*

Gabriel García Márquez

¿Es la biotecnología algo ajeno a nuestro país? ¿Nuestra condición “periférica” nos impide desarrollarla de manera satisfactoria, y que en ello el conglomerado social se vea ampliamente beneficiado? En absoluto. Sin embargo, para que esto se logre debemos ejecutar diversas acciones que incluyan transformar nuestra percepción sobre la Bt, de manera crítica y razonable, así como estudiar su desarrollo en México para que ella no responda a esquemas ajenos a nuestra realidad.

Como hemos visto a lo largo de esta investigación la Bt es un signo de los tiempos, de nuestro tiempo. Al igual que muchos países con los que guardamos semejanzas notables México ha enfrentado a ese signo de nuestro tiempo de diferentes maneras, aunque no siempre con buena fortuna a causa de condiciones estructurales por demás difíciles de transformar. Pero ello está lejos de significar que los grandes logros y tendencias del devenir científico nos resulten ajenos, y lo está mucho más de sugerir que la comunidad científica nacional no ha reaccionado ante el avance de la Bt ya sea para apoyar el desarrollo de algunas de sus ramas, ya para oponerse a la producción, comercialización y aplicación de diferentes productos y técnicas biotecnológicas.

Sería por demás equivocado comparar realidades y circunstancias disímiles. No hay justeza en esperar de cualquier Gobierno y administración federal una política científica que, en pocos años, nos ofrezca los logros que la “Big Science” o la “Macrociencia” han alcanzado en otras latitudes. Sí, en cambio, es justo señalar las carencias que como país hemos tenido para abrazar la Bt y que continúan siendo un condicionante que afecta negativamente su desarrollo.

La Historia de la ciencia nos muestra que, a partir del siglo XVI, los logros alcanzados por nuestro país han sido vastos y notables; empero, en lo que se refiere a la contemporaneidad que hemos establecido en esta investigación (1973-2018), la situación tiene matices mucho más variados que debemos considerar. Iniciemos por señalar que han sido muchos los intentos, los programas y las políticas que el Estado ha diseñado e instrumentado para impulsar el desarrollo de la tecnociencia, algunas de las cuales han rendido logros notables. Por desgracia como país, y como sociedad, no hemos logrado que estos programas sobrepasen criterios sexenales ni que dejen de responder mayoritariamente a la solución imperativa de problemas diversos, lo que ha derivado en que los esfuerzos que pudieran ser exitosos en el corto, mediano o largo plazo, carezcan de continuidad.

Los resultados del estudio que hemos ofrecido revelan algunas de las principales condicionantes que se han presentado alrededor del mundo en los últimos 50 años, así como las situaciones que han primado al interior de nuestras fronteras. Todas ellas en conjunto han derivado en que nuestro país haya tenido una posición marginal en cuanto a la Bt se refiere. Como consecuencia de ese proceso somos una nación incapaz desarrollar muchos productos y bienes biotecnológicos, no obstante el enorme consumo que tenemos de ellos en áreas y actividades diversas. Debemos insistir en que las instituciones, especialmente las financiadas por el Estado, han llevado a cabo esfuerzos formidables para ir subsanando algunas de las carencias que desde hace tiempo enfrentamos en ese mismo sentido, pero que a la fecha no alcanzan a ser suficientes para romper esa inercia, cuando menos en el corto y mediano plazos.

Ahora bien, el desarrollo de la Bt tanto en México como en cualquier otro lugar del orbe no puede entenderse únicamente a través de la Bt. Si bien ésta deviene de la conjunción de diferentes ramas del conocimiento, ella también resulta de la convergencia de agentes que pueden impulsarla o detenerla. Así entonces, la Bt ha logrado ser ampliamente desarrollada únicamente en los países en donde el Estado ha impulsado la tecnociencia, ya sea bajo el esquema de la “Big Science” (en la que éste mantiene la tutela del financiamiento y la dirección final de las investigaciones), o el de la “Macrociencia (en el que si bien se ha dado un retraimiento de las responsabilidades de aquél, ello no significa



que haya dejado de ser el principal impulsor y regulador de la investigación biotecnológica).

Lo anterior viene a colación para destacar que en el caso de nuestro país el Estado ha jugado un papel preponderante, ubicándonos en un esquema mucho más cercano al de la “Big Science”, aunque sin poder alcanzar jamás los niveles de financiamiento ni los logros obtenidos en otras latitudes. Ello se debe a circunstancias diversas y condiciones que se han envuelto endémicas y que son propias de los países subdesarrollados que, en este rubro, destinan la mayoría de sus recursos a resolver problemas cuya solución es imperativa dotando al desarrollo tecnocientífico de ciertos rasgos, lo que en nuestro caso se traduce en un desarrollo muy pobre de ciertas ramas de la Bt e inexistente en otros.

Debemos reiterar que no han sido pocos los esfuerzos que han tenido lugar en aras de lograr la institucionalización de diferentes prácticas y disciplinas científicas, así como el impulso a las mismas a través de entidades como la UNAM, el IPN, el IMSS, el ISSSTE, el CINVESTAV, la UAM, el CONACYT, los institutos nacionales de Enfermedades Respiratorias, el de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, y el de Medicina Genómica, entre muchos otros. Ello sin contar los diferentes planes de estudio que a nivel de grado y posgrado han ido desarrollando muchas universidades, particularmente las que son financiadas por el Estado. Estas instituciones han impulsado algunos rubros de la investigación biotecnológica; empero, los resultados distan de ser los óptimos para un país que pudiera dar mejor uso a sus recursos humanos y a la inmensa biota que posee y que, en última instancia, es el objeto al cual se dirige la Bt en su conjunto.

En su momento mencionamos que, al despuntar la década de los años 70, el sistema capitalista modificó una serie de mecanismos que derivaron en la pérdida de la estabilidad que había caracterizado a la economía internacional durante décadas; de igual forma hicimos referencia a las dificultades que se generaron al interior de nuestro país, algunas de las cuales también terminaron por afectar a la economía global. Fue así que mientras desde los años 70 la Bt comenzaba despuntar a nivel internacional, al interior del país enfrentamos un crecimiento enorme de la población y el término del estado del bienestar,

seguidos por recurrentes crisis económicas, políticas y sociales que poco abonaron en favor de la Ciencia y la Tecnología (CyT).

Ahora bien, el hecho de que la Bt u otras áreas del conocimiento tecnocientífico no hayan logrado florecer como se quisiera ¿se ha debido solamente a factores económicos? En absoluto; entre las enseñanzas que ha ofrecido esta investigación es que nuestro objeto de estudio, sólo puede ser entendido de manera más cabal acercándonos a los factores y agentes económicos, políticos, sociales y culturales de nuestro país que han condicionado su desarrollo como resultado de las decisiones tomadas por algunos grupos, y los enfrentamientos que estos han tenido con otros. Ello implica no sólo las relaciones que priman al interior de nuestras fronteras sino, también, fuera de ellas.

Así entonces es importante que destaquemos que, en el ámbito político internacional, México ha signado acuerdos y tratados internacionales diversos que no suelen ser coincidentes en los fines específicos que cada uno persigue. Ejemplos de ello son el TLCAN (ahora TEMEC), el Protocolo de Cartagena y el Acuerdo de París, así como los que se centran en el respeto a patentes y propiedad intelectual y/o industrial. Por otro lado, en lo que se refiere al ámbito sociocultural, el desarrollo de la Bt también se ha enfrentado lo mismo a un modelo educativo que durante las últimas décadas ha empobrecido el proceso de aprendizaje de millones de individuos, que a los pocos dividendos que le ha generado la imposición de ciertos productos resultantes de la Bt los cuales, hay que decirlo, no necesariamente son los más convenientes para las circunstancias prevalecientes en diferentes nichos ecológicos del país. Y qué decir de los desencuentros entre quienes defienden o rechazan la Bt siendo éste, quizá, el rubro más difícil de abordar en estas discusiones debido a la pluralidad y naturaleza de los argumentos que cada grupo sostiene y defiende.

Hemos señalado que la lógica del todo o nada en las discusiones sobre la Bt debe ser abandonada; de igual forma, y esto ha sido a título enteramente personal, he apuntado que las decisiones en torno a la investigación y desarrollo biotecnológicos no pueden ni deben obedecer a la lógica que prima en ciertos rubros de la participación ciudadana, lo que

tampoco debe ser interpretado como el que diferentes prácticas y productos biotecnológicos deban ser impuestos a un individuo, comunidad o nicho ecológico.

Nuestra investigación mostró que dependiendo del tipo de Bt que se estudie, será el tipo de discusión que encontraremos y la decisión que daba tomarse a sabiendas de que un consenso absoluto no es factible. Por ejemplo, la Bt verde suscita posiciones notoriamente divergentes por el uso de OTG, enfrentando lo mismo a pequeños agricultores entre sí que a grandes empresas, autoridades científicas, ONG, población en general y al propio Estado. En cambio, algo distinto sucede en lo que se refiere a la Bt gris principalmente porque los desacuerdos generados por la bioética en esta área no dan pie a discusiones tan acaloradas (como los que se presentan en la Bt verde, y en ciertos rubros de la Bt roja), toda vez que los fines principales que se persiguen son la recuperación de suelos, corrientes y cuerpos de agua ya sea para la restauración de algunos ecosistemas o para el desarrollo de actividades antrópicas.

Por su parte la Bt roja ofrece discusiones con un matiz más amplio. Puede darse el caso, por ejemplo, de que un mismo individuo muestre un rechazo total a ciertas prácticas y productos biotecnológicos, teniendo a la vez una posición más templada o de franca aceptación con respecto a otros. Este mosaico de reacciones puede ser tan variado toda vez que se basa en los fundamentos científicos, así como en los argumentos propios de la religiosidad y espiritualidad de los individuos, su fanatismo, ignorancia y/o temor. Por ello la Bt roja sea, quizá, la que muestra con mayor facilidad la complejidad de la que está revestida cualquier toma de decisión en el desarrollo e instrumentación de la Bt en general, ante las paradojas irresolubles que tiene el respeto a los individuos cuando éste se confronta con el que merecen los grupos, y el de estos al enfrentarse con los del conglomerado social. Ante ello la solución que aquí se propone es renunciar a la lógica del todo o nada teniendo como base el que cualquier tipo de fundamentalismo debe ser abandonado, y porque que cualquier decisión que se tome en torno a la Bt ha tener como meta principal la prosecución del bien común.

Ahora expondremos un par de situaciones en el ámbito de la Bt roja a las que nos hemos enfrentando en fechas muy recientes y que serán particularmente útiles para

demostrar tanto la pertinencia e importancia de estudios como el que hemos ofrecido, así como el hecho insoslayable de que debemos aprovechar cuanto antes las oportunidades que implica el impulsar, de manera mucho más decidida, el desarrollo biotecnológico en nuestro país. Así entonces, en primer lugar nos referiremos al Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN), y, en segundo, a un grupo de situaciones y decisiones que convergen en la estrategia seguida por el Gobierno y administración federales contra la pandemia de COVID 19, causada por el SARS COV2.

Iniciemos con el INMEGEN, fundado en 2004, entre cuyas principales atribuciones está el desarrollo de la genética médica a través del conocimiento del genoma humano de nuestra población. En mi tesis de maestría estudié el proceso de institucionalización de la genética humana en México que derivó en la creación de este instituto el cual enfrentó, antes de iniciar sus operaciones, una serie de problemas relacionados con el presupuesto que le debía ser asignado así como algunas restricciones en cuanto a las líneas de investigación que podía desarrollar. En ese mismo trabajo señalé, además, que nuestro país no tuvo participación alguna en el Proyecto Genoma Humano (PGH) e hice mención de algunas de las ventajas que podría tener para nuestro país impulsar el desarrollo de la genética humana.

En abril de 2021, como resultado de una investigación conjunta llevada a cabo por el INEMGEN y la UNAM, se dieron a conocer los resultados del proyecto “Whole genome variation in 27 Mexican indigenous populations, demographic and biomedical insights”, con el que se detectaron 44 mil variantes exclusivas presentes en el genoma de nuestras poblaciones originarias. Esto ha sido un logro por demás notable ya que los datos arrojados por dicha investigación pueden ayudar en el tratamiento de enfermedades crónico degenerativas, como algunos tipos de neoplasias y diabetes, cuya presencia no es menor entre los diferentes grupos de nuestra población. De igual forma, se identificó una proteína que no varía con respecto a la población de muchos otros países, lo que pudiera llegar a ser sumamente útil en el combate contra el COVID 19 en situaciones que habrán de trascender a la emergencia actual.

El señalar este caso en las conclusiones que presentamos ahora muestra, por un lado, que a pesar de las dificultades a las que se han enfrentado las comunidades científicas y las instituciones que las albergan, eventualmente se han presentado nuevas innovaciones, herramientas y técnicas que han vuelto mucho más accesibles los costos que implica la secuenciación de un genoma, con los beneficios que ello puede traer. Por otro lado, también nos deja ver la importancia que tiene el impulsar tanto la investigación como la formación y captación de recursos humanos, altamente calificados, para que se logre esa continuidad en el desarrollo biotecnológico de la que hemos hablado antes, y sin la cual poco puede esperarse del avance de ésta o cualquier otra rama de la ciencia.

Si bien es cierto que como país cometimos el error de no participar en el PGH, con el que se logró secuenciar el genoma completo de nuestra especie al despuntar el nuevo milenio, también lo es que la suerte no está echada para país alguno. Por supuesto, la identificación de esas 44 mil variantes exclusivas en nuestras poblaciones originarias dista aún alcanzar los parámetros ideales que debiéramos perseguir, mas ello no significa que no podamos modificar el derrotero que hasta ahora hemos seguido en el desarrollo de la genética humana, claramente vinculada con la Bt roja, y del cual podemos llegar a obtener beneficios no sólo para nuestra población en general sino, también, para la humanidad entera.

Junto con lo anterior debemos hacer hincapié en la obligación que tenemos de romper con las prácticas en las que el o los beneficios obtenidos a través de las investigaciones realizadas, no se traduzcan en mejoras para el tejido social y, especialmente, para todos los grupos humanos que han participado en las mismas. Por ello es indispensable que amén de revisar nuestro devenir reciente e inmediato a través de la disciplina histórica, también lo hagamos auxiliándonos de aquellas otras que resulten epistémicamente pertinentes, incluyendo a la bioética en la perspectiva más amplia posible.

El segundo ejemplo mucho más complejo sin duda pero, también, mucho más *ad hoc* para ilustrar lo que son las conclusiones de este trabajo, está en la pandemia actual del COVID 19 provocada por el SARS COV2. La coyuntura que hemos enfrentado en tiempos recientes, y que aún no ha sido superada al redactar estas líneas, es un claro indicativo del

resultado de la historia contemporánea de nuestro país en materia tecnocientífica y biotecnológica. La inconsistencia del Estado durante el último medio siglo a ese respecto y la pésima valoración que ha dado al impulso de estas investigaciones, nos ha anclando en un círculo vicioso en el que tenemos que atender lo urgente postergando el desarrollo e instauración de una política científica, que pueda trascender los criterios únicamente sexenales así como los de las élites políticas y científicas cuyas consideraciones con respecto a la Bt deben ser analizadas por la disciplina histórica, con base en los parámetros que fueron establecidos para esta investigación.

Por supuesto, sería por demás injusto imputar al gobierno y administración federal actual la desgracia que ahora nos aqueja, pues éste heredó una serie de condiciones estructurales por demás adversas y que son claramente observables en el precario estado en el que se encontraba, y aún se encuentra, el Sector Salud que tiene como instituciones principales al IMSS, el ISSSTE y a la Secretaría de Salud. Esta última, por ejemplo, quizá sufrió como ninguna otra dependencia gubernamental los mayores embates, recortes y prácticas corruptas que fueron minando en las últimas cinco décadas la capacidad del Estado para garantizar el derecho a la salud de todos los connacionales. Al día de hoy, mucha es la gente que se ha enfrentado a esta situación buscando romper esa inercia, y no debemos hacer menoscabo de los logros que han obtenido a distintos niveles.

Ahora bien, muy poco se beneficiaría la disciplina histórica si no procediéramos buscando que las razones que aducimos para llevar a cabo una crítica constructiva de cara al presente, y con miras al futuro mediano, no contaran con los elementos para tenerlas como razones incontrovertibles una vez que han sido sujetas al juicio intersubjetivo. ¿Cuáles son algunas de ellas y a partir de las cuales podemos señalar que siguen sin presentarse los cambios necesarios para que nuestro desarrollo tecnocientífico y biotecnológico sean satisfactorios?

Antes de que la pandemia llegara a nuestras fronteras lo que se presentó en nuestro país fueron tres situaciones: un recorte notable en el presupuesto asignado a CyT; la cancelación de los fideicomisos que habían sido diseñados para impulsar diferentes investigaciones, así como la formación de recursos humanos y, poco después, la

desaparición del rubro de Bt como un área específica dentro del Sistema Nacional de Investigadores. Como es de esperar las críticas se presentaron de inmediato lo mismo que la argumentación oficial: a los recortes se les llamó reasignaciones; sobre la cancelación de los fideicomisos destinados a CyT se apuntó que de todos ellos ninguno había presentado resultados que justificaran su permanencia, y que sólo habían fomentado prácticas corruptas; y en cuanto a la Bt las autoridades aclararon que ésta no había desaparecido como tal, sino que había sido reclasificada a fin de lograr una mayor eficiencia en el otorgamiento de los presupuestos. Ante todas estas decisiones la comunidad científica dedicada a diferentes ramas de la Bt argumentó su desacuerdo, sin que ello produjera cambio alguno en las decisiones gubernamentales

Otro cambio importante fue la modificación que se dio en los principios rectores del CONACYT, para el que ahora la tarea fundamental no está en impulsar el desarrollo de la CyT, sino en “fomentar” el mismo. ¿Son equivalentes la obligación de impulsar un desarrollo tecnocientífico a sólo fomentarlo? En absoluto. Se dice que “forma es fondo”, y no ha de transcurrir mucho para que podamos evaluar los cambios de fondo que han sido instrumentados y a los cuales debemos dar un seguimiento apropiado.

Por otro lado, a comienzos de 2020 en tanto la Organización Mundial de la Salud recomendaba realizar un seguimiento mucho más puntual de la tasa de contagios, la política gubernamental siguió una vía distinta que muchas y muchos especialistas dentro y fuera del país señalaron como equivocada, y lo mismo sucedió con respecto a la estrategia seguida para enfrentar la pandemia. Por supuesto, no debemos olvidar que la accidentada geografía de México, la monumental extensión de su territorio y el que nuestra población es la 10<sup>a</sup> mayor del planeta, dificultan en extremo la instrumentación de cualquier política sanitaria por más acertada que ésta pueda ser. Pero tampoco debemos ignorar los comparativos internacionales que señalan al nuestro, como uno de los países en los que la estrategia contra la pandemia ha arrojado resultados sumamente cuestionados, lo cual vuelve más sorprendente y admirable el esfuerzo llevado a cabo por muchas de nuestras comunidades científicas y de estudiantes, universidades (principalmente las financiadas por el Estado) y diferentes centros de investigación para enfrentar la pandemia y que no han sido del todo escuchados.

Aunado a lo anterior se suma un discurso oficial notablemente ideológico que también debe ser analizado, y que tiene en el anuncio de la producción de la vacuna “Patria” un ejemplo que podríamos considerar como arquetípico. En los primeros meses de de 2021 se informó sobre el desarrollo de este antígeno creado en México; resulta curioso que esta vacuna se basa en dos tecnología que no fueron desarrolladas en el país, sino en la Unión Americana; que los laboratorios donde se han llevado a cabo la mayor parte de las investigaciones no se ubican en México, y que tampoco son científicos connacionales quienes la han dirigido. Ahora bien, al final carece de importancia el quién, el dónde y el cómo se produzca una vacuna mientras ésta se ofrezca a la población, una vez que ésta haya cumplido con las pruebas clínicas mediante las cuales se compruebe su eficacia como antígeno, aspecto que de una u otra forma sí ha sido atendido por el Gobierno y la administración federal.

Los señalamientos que he ofrecido muestran de nueva cuenta que como país, y como sociedad, no dejamos de enfrentarnos al hecho de tener que resolver de manera perentoria problemas diversos, más aún tratándose de una pandemia cuyos costos humanos, económicos, sociales, políticos e incluso culturales han sido devastadores. Y en ese mismo camino los esfuerzos que al respecto han realizado instituciones como la UNAM, el IPN, las universidades Autónoma de Baja California y Autónoma de Querétaro para desarrollar una vacuna se han enfrentado a una situación ya endémica, esto es: carecer de recursos económicos suficientes por parte del Estado al tiempo que la iniciativa privada es poco capaz de sumar esfuerzos en aras de logros mucho más trascendentales.

Pero también debemos poner atención en lo siguiente: en tanto esperamos la llegada de la vacuna Patria o cualquier otra, muchas son las personas que siguen negándose a ser vacunadas o a vacunar a su descendencia con los antígenos que ya están disponibles. Ya sea en zonas urbanas o rurales, ya se trate de individuos o familias con diferentes niveles adquisitivos e incluso educativos, sigue presente un temor notable a la Bt sin percatarnos de que ésta forma parte de nuestra cotidianeidad.

Cierto es que el panorama no es alentador, pero la Historia de la ciencia contemporánea nos reitera que las tendencias históricas pueden ser modificadas gracias al



propio avance de la tecnociencia, que ha permitido que la secuenciación de diversos genomas ahora sea algo cotidiano y económicamente accesible para la mayoría de los estados. De igual manera debemos recordar que dentro de los tratados y acuerdos internacionales de los que somos signatarios existen cláusulas que, bien manejadas, pueden facilitar el acceso a la tecnología de punta que requerimos para un sinnúmero de investigaciones.

Para finalizar volvamos a señalar cómo puede ser definida la Bt *Grosso modo*: como el empleo de diferentes organismos o segmentos de su genoma a través de técnicas de ADN<sub>r</sub> o ARN<sub>r</sub>, ya sea para la obtención de productos muy diversos o para su inserción en ambientes, controlados o no, buscando fines específicos. México posee una de las 5 mayores biodiversidades del planeta y en ésta yacen genomas y líneas de investigación que bien pueden ser desarrolladas por nuestros recursos humanos, cuya capacidad es incuestionable, y de las cuales podemos obtener beneficios en aras del interés nacional que a la vez pueden proyectar a la tecnociencia y a la Bt desarrolladas por México a escalas no imaginadas antes.

Por supuesto, tal como se señaló en este trabajo, todo ello requiere de un oficio político más acertado y sensible; de un modelo educativo que permita que el pensamiento científico sea parte de los individuos, sin que por ello sus creencias sean menoscabadas; de que abandonemos la lógica del todo o nada en cuanto a lo que representa la Bt y de que sin hacer a un lado los lineamientos generados por la bioética, también entendamos que la investigación biotecnológica no puede estar sujeta a los parámetros bajo los cuales se desenvuelve la participación ciudadana en otros rubros, porque si bien la ciencia no es democrática ella es indispensable para impulsar a la democracia.

Si seremos capaces de modificar o no nuestro panorama dependerá de la conjunción de factores y actores diversos, así como de estudios semejantes al que hemos realizado ahora y que revelan que el abordaje de la ciencia contemporánea también compete a la disciplina histórica que, lo mismo que otras ciencias, busca resolver problemas que se presentan en el aquí y ahora teniendo en la Bt un signo de los tiempos, el signo de nuestro tiempo.

## **Anexo**

### **Una breve semblanza de vida de los entrevistados.**

#### **Agustín López Munguía Canales**

Quien ahora es uno de los líderes académicos del Departamento de Bioingeniería Celular y Biocatálisis, en el Instituto de Biotecnología de la UNAM, ha tenido un camino en el que logró la convergencia de diferentes disciplinas para llegar al desarrollo de la biotecnología industrial, en la que sus investigaciones han sido por demás relevantes.

Inicialmente su interés por las matemáticas y la química le llevaron a obtener el título de Ingeniero químico en la década de los años 70. En aquel entonces las perspectivas que tenía para ingresar en la industria petrolera nacional eran atractivas, mas no respondían plenamente a sus intereses así que siguió su camino ingresando a una maestría en Inglaterra, también en el área de Ingeniería bioquímica. Al término de este proyecto fue incorporado a la Facultad de Química de la UNAM como profesor de tiempo completo. En este contexto participó en la creación de un departamento de alimentos con lo cual su camino hacia la biotecnología (Bt) encontró su guía. Poco después prosiguió sus estudios a nivel doctorado que afianzaron sus capacidades como investigador.

Si bien tuvo actividad como investigador en el sector privado, Agustín López Munguía nunca dejó a un lado uno de sus mayores compromisos: la actividad docente y la formación de recursos humanos. Años más tarde consiguió desarrollar ambas vetas en lo que ahora es el Instituto de Biotecnología de la UNAM. En este último comenzó un trabajo muy fecundo que ha seguido hasta la fecha, y en el que una de líneas de investigación más relevantes está en la ingeniería y tecnología de enzimas aplicada al sector alimentario.

Por último, debe hacerse notar que el trabajo de Agustín López Munguía también incluye la difusión y divulgación de los conocimientos biotecnológicos, pues considera que la Bt solamente podrá ser aprovechada de la mejor manera si ésta no es satanizada y si tanto a los individuos a pie de calle, como a los pequeños productores y grandes empresarios, se

nos ofrecen las herramientas para comprender mejor las enormes posibilidades que nos brinda esta rama de las ciencias de la vida, sin soslayar los riesgos inherentes a ella. En todo esto el entrevistado apuntó que la riqueza de nuestra biodiversidad puede jugar un papel trascendental en el desarrollo de diferentes ramas de la Bt en México.

### **Antonio E. Lazcano Araujo Reyes**

Desde etapas tempranas la Biología atrajo a quien a la postre se convertiría en uno de los científicos más eminentes a nivel mundial, enfocado en la biología evolutiva y el origen de la vida. Antes de cumplir 10 años de edad su interés en la ciencia era ya notorio; A los 11 años cuando su padre le obsequió un libro de Alexander Oparin, y poco después cuando uno de sus tíos hizo lo propio con la obra de Paul de Kruif, *Cazadores de microbios*, el campo de estudio de este futuro investigador era claro: el origen de la vida y la biología evolutiva.

Al ingresar en la Facultad de ciencias de la UNAM para cursar la Licenciatura en Biología, Antonio Lazcano buscó que su formación respondiera de manera más cabal a las inquietudes e intereses que generaban su curiosidad científica. De tal forma, comenzó a cursar asignaturas tanto de la carrera de Física como de Astronomía pero siempre a partir de su interés en las cuestiones relativas al origen de la vida, cómo que surgió ésta y cuáles fueron las pautas evolutivas que siguió para llegar a la formación de las primeras proteínas, los primeros genes y, claro, los primeros genomas. En ese camino tuvo la oportunidad de entablar un estrecho contacto con las grandes figuras que definieron inicialmente el campo del origen de la vida tales como Stanley Miller, Lynn Margulis y el propio Alexander I. Oparin, entre otros.

Amén de convertirse en un investigador por demás reconocido en su campo de estudio, Lazcano Araujo también ha destacado como un incansable divulgador de la ciencia, quien hace hincapié en la necesidad perentoria de que contemos con una cultura científica amplia que permee en la ciudadanía y, más aún, en las élites del Estado para las que el apoyo a la ciencia y la Tecnología (CyT) sólo ha sido importante en los discursos

mas no en el financiamiento real y efectivo de la misma. Hay que añadir que si bien Antonio Lazcano no se ha enfocado en la Bt no por ello desconoce su importancia, lo cual está muy lejos de desconocer los riesgos de la misma así como el valor que tienen los saberes tradicionales generados por diferentes comunidades en todo el territorio nacional, las cuales han sabido establecer un contacto virtuoso con diferentes grupos ambientalistas cuyas argumentaciones también son impecables.

Por último, este investigador no sólo es uno de los científicos con mayor prestigio internacional en el campo de la biología evolutiva sino, también, un académico comprometido con la formación de recursos humanos y que reconoce en el devenir de la ciencia en México el esfuerzo que desde hace décadas han llevado a cabo mujeres y hombres de ciencia (y en esto él también debe ser incluido), que con una actitud visionaria no han dejado de insistir desde hace décadas en la necesidad de que el Estado otorgue los recursos económicos necesarios para asegurar el desarrollo óptimo de la CyT en nuestro país.

Actualmente Antonio Lazcano labora en el Departamento de Biología Evolutiva de la Facultad de ciencias de la UNAM. Forma parte de El Colegio Nacional desde 2014.

## **Ernesto Ramírez González**

Una vez titulado como parte de la décimo séptima generación de la Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Ernesto Ramírez decidió dirigir sus intereses como investigador en el área de biología química, específicamente en microbiología. Poco antes de haber obtenido su grado en 1994 conoció la institución en la que ha trabajado desde entonces: el Instituto nacional de Referencia Epidemiológica (InDRE) misma en la que realizó su servicio social así como la investigación para su tesis de Licenciatura.

Hacia 1999, ingresó a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (ENCB) para formarse como Maestro en ciencias en las áreas de biomedicina y biotecnología. Una

vez terminada esta etapa ingresó de nuevo en la ENCB, en esta ocasión para realizar estudios de doctorado en biomedicina y biología molecular, obteniendo el grado correspondiente en 2007. Durante toda la realización de sus estudios de posgrado continuó trabajando en el InDRE. Su desempeño le permitió comenzar a dirigir lo que en su momento fue el Laboratorio de Genoma de Patógenos, cuya función principal era la de identificar la secuencia genética de diferentes agentes infecciosos que han circulado, y circularán, en nuestro país logrando revelar el genoma completo de los mismos.

Actualmente Ramírez González coordina la Unidad de Desarrollo Tecnológico y de Investigación Molecular en la que se emplean diferentes herramientas tecnológicas, específicamente los desarrollos biotecnológicos, con los que se estudian microorganismos diversos. Entre las principales ramas de investigación desarrolladas por esta Unidad está lo que puede describirse como epidemiología molecular, que permite conocer cómo se han desarrollado las enfermedades a lo largo del tiempo en un lugar o lugares específicos. Con todo ello es posible identificar marcadores moleculares tanto en bacterias como en virus, con lo que se puede establecer cuál es su grado de virulencia así como la resistencia que pueden presentar a diferentes antibióticos o antivirales.

Lo anterior se traduce, entre otras cosas, no sólo en contar con la información necesaria para la elaboración de vacunas sino, también, con la que requieren las autoridades encargadas de instrumentar las políticas de salud pública que incluyen la vacunación de los habitantes del país. Un ejemplo muy claro está en el análisis de la secuencia genómica de la influenza estacional, información que es reportada anualmente a la Organización Mundial de la Salud para la elaboración de la vacuna correspondiente. En últimas fechas también se puede mencionar el análisis de las distintas cepas de del SARS COV-2 que han arribado al país así como las mutaciones que estas mismas han presentado. En todo ello, por supuesto, el InDRE ha jugado un papel relevante en la formación de recursos humanos especializados en diferentes ramas de la Bt que, de manera más reciente, también han incorporado el desarrollo la Bt dorada necesaria para estas investigaciones.

## **Ismael Ledesma Mateos**

Biólogo de formación, Ismael Ledesma Mateos es un buen ejemplo del espíritu transdisciplinario que debe caracterizar a los profesionales de la disciplina histórica y, en este caso particular, a quienes estudian la Historia de la ciencia.

A nivel profesional su formación inició cuando cursó la carrera de biólogo en la UNAM, para realizar posteriormente estudios de maestría en bioquímica. Más adelante llevó a cabo estudios a nivel doctorado especializándose en Historia de la ciencia donde abordó el estudio del conflicto entre Alfonso L. Herrera e Isaac Ochoterena y la institucionalización de la Biología en México. En su trabajo se observa la influencia de autores tales como Gabriel Vargas (quien fuera adjunto de Adolfo Sánchez Vázquez), Ramón Xirau y Carlos Pereyra, así como la de otros pensadores quienes llegaron a México procedentes del exilio argentino. Más adelante realizó estudios posdoctorales en el Centro de Sociología de la Innovación, en la Escuela Superior de Minas de París, en donde fue alumno de Bruno Latour enfocando su trabajo en la institucionalización de la biología en el país galo; sin embargo, Ledesma Mateos señaló que la veta que desarrolló obedeció más a la Historia que a la Sociología, haciendo hincapié en que quienes desarrollan la Historia de la ciencia deben poner especial atención en los conflictos que se presentan a lo largo del tiempo, ya sean de índole política o epistemológica.

En nuestro país, Ismael Ledesma ha impulsado de manera decisiva la integración del conocimiento histórico de la biología en diferentes planes de estudio y entidades en las que se ofrece la carrera de Biólogo pues, como él señala, en la formación de un científico es indispensable el entendimiento de la historia de la disciplina que éste cultiva. Así entonces Ledesma Mateos tuvo un papel fundamental en la creación de la Escuela de Biología en la Benemérita Universidad de Puebla, de la cual fue Director, y en cuyo plan de estudios se incluyó la asignatura “Introducción a la biología general”, esto en 1987, cuyo contenido se enfocaba en la historia de dicha disciplina. El impacto de este proyecto fue tal que en 1994 la experiencia fue repetida primeramente en en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y, posteriormente, en la Facultad de Ciencias de la UNAM habiendo participado en la elaboración del Plan de estudios en ambas entidades de la Universidad Nacional.

Actualmente, Ismael Ledesma Mateos es Profesor titular de tiempo completo en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

## **Juan Raúl Meixueiro Montes de Oca**

Raúl Meixueiro es un claro ejemplo de cómo, dentro del ámbito de la Biotecnología roja, los investigadores quienes tienen una formación médica pueden desarrollar exitosamente proyectos biotecnológicos en el ámbito de la iniciativa privada.

Egresado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México como Médico cirujano, Meixueiro Montes de Oca ha combinado sus investigaciones en la industria farmacéutica con una sólida carrera como catedrático, en su caso particular, en la Facultad de Medicina. Como parte de este camino también realizó estudios de posgrado a nivel maestría en la misma Facultad de Medicina, y de doctorado en la Universidad Claude Bernard-Lyon 1 en Francia, en las áreas de neurofarmacología y farmacología cardio-vascular respectivamente.

Siendo ya profesor de farmacología en la UNAM comenzó a laborar en la industria farmacéutica en donde ha permanecido por casi 30 años, trabajando en diferentes áreas de laboratorios nacionales o transnacionales. Su incursión en la biotecnología tuvo lugar hace más de tres lustros cuando fue parte de una compañía holandesa en la que desarrollaban biomedicamentos para tratar la infertilidad femenina. Tiempo después saltó a PROBIOMED, laboratorio que fue la casa de la casa de la biotecnología en México y en el cual participó en el desarrollo de productos biotecnológicos en la planta de dicha empresa en Tenancingo, Estado de México.

Con el tiempo este investigador se fue incorporando a otras compañías farmacéuticas hasta llegar a Laboratorios PISA, en donde continuó desarrollando investigaciones biotecnológicas que contribuyeron a que ésta empresa se posicionara como la compañía biotecnológica más importante en América Latina. Actualmente Raúl Meixueiro Montes de Oca asesora a una compañía farmacéutica en la producción de

péptidos, que en lugar de ser administrados por vía parental lo sean por vía oral evitando molestias al paciente aumentando la efectividad de los fármacos y reduciendo notablemente los costos de producción. A lo largo de todo este tiempo ha continuado impartiendo la cátedra de farmacología en la UNAM.

La experiencia de Raúl Mexiueiro le permite señalar que, lamentablemente, aún son pocos los grupos de investigación en México que desarrollen biotecnología aplicable a la industria farmacéutica lo cual se debe, en parte, tanto a la carencia de una visión empresarial de mediano y largo plazo dentro de la iniciativa privada nacional así como una vinculación que, hasta la fecha, ha sido deficiente entre el sector privado y las universidades públicas las cuales, a decir suyo, deben jugar un papel preponderante en el desarrollo de la biotecnología a nivel nacional.

## **Uriel Urquiza García**

Siendo el más joven entre los entrevistados que compartieron conmigo sus experiencias y puntos de vista en torno a la Bt, Uriel Urquiza muestra ese *Continuus* al que nos referimos en esta tesis en cuanto a la generación de conocimientos biotecnológicos y la formación de recursos humanos.

Egresado de la Licenciatura en Ciencias Genómicas de la UNAM, Urquiza García continuó sus estudios la Universidad de Edimburgo tanto a nivel maestría como a nivel doctorado. Su trayectoria siempre ha estado marcada por una visión en la que ha buscado integrar las ciencias genómicas con las matemáticas, la biología y las ciencias computacionales con el fin de afrontar los retos que México, hasta hace unos años, enfrentaba con mucha desventaja para poder procesar los datos generados por las nuevas tecnologías de estudio en las ciencias biológicas. En este sentido, Urquiza González señaló que si bien nuestro país ha avanzado de manera significativa en estos campos, aún carece del número adecuado de investigadores para suplir las necesidades del país.



Conviene señalar que Uriel Urquiza fue parte de una de las primeras generaciones en biología sintética y biología de sistemas en la Universidad de Edimburgo, programa en el que se combinaban tanto una parte teórica como una parte aplicada al desarrollo tecnológico. Entre los proyectos más relevantes en los que ha participado está la síntesis de varios cromosomas de levadura, lo que le permitió convivir con grupos de investigación en el Continente europeo así como en Estados Unidos, Australia, Japón y China.

Con el andar del tiempo profundizó sus conocimientos en el área de cronobiología con el fin de poder modificar sintéticamente las funciones de algunos organismos vegetales agrónomicamente importantes, para lograr que estos florezcan en condiciones en las que los organismos naturales no pueden hacerlo con tanta facilidad. Debemos mencionar que en estas investigaciones el entrevistado ha tenido un acercamiento que obedece a la biología sintética más que a la creación de organismos transgénicos; esto es, que al modificar el genoma de una planta en cuestión ello se hace utilizando el material genético que existe en la propia planta, y no el que proviene de organismos con los que ésta no tendría una relación en condiciones naturales.

En este camino Urquiza García reconoce que su consideración hacia los OTG se ha ido modificando con el andar del tiempo. Si bien al inicio de su carrera era un defensor convencido de los mismos las experiencias adquiridas lo han llevado a reconocer las críticas que se hacen a estos, señalando que la aceptación o rechazo de los mismos debe corresponder, en última instancia, a las comunidades en las que se pretende introducirlos. Estas críticas permiten ver que el desarrollo de la biología sintética ofrece la posibilidad de contar con alternativas mucho más acordes con los intereses de estos grupos, así como con las características del medio ambiente, posibilidades que se ven incrementadas por la aparición de desarrollo de nuevas tecnologías de frontera que facilitan notablemente este tipo de investigaciones reduciendo, además, los costos de las mismas. Un ejemplo de ellas son las variantes tecnológicas del CRISPR CAS9 con las que pueden desarrollarse variedades de plantas que no atenten contra la diversidad biológica, como sí lo han hecho las variedades transgénicas desarrolladas en los últimos 25 años que obedecen a un esquema de monocultivo.

Finalmente, la experiencia de este investigador nos muestra la importancia del desarrollo de la Bt en lo que es quizá su rama más evolucionada, la biología sintética, la cual ocupa en realidad la posición de frontera en estas investigaciones y para las que nuestro país debe impulsar aún más la formación de recursos humanos.

## Fuentes consultadas

A. Coba, *et. al.*, “Lakatos y los programas de investigación científica. Una opción para la organización investigativa nacional”, en *Omnia*, Año 11, número 3, Universidad de Zulia, Venezuela, pp. 83-108. Versión electrónica en [https://www.researchgate.net/publication/319043533\\_Lakatos\\_y\\_los\\_programas\\_de\\_investigacion\\_cientifica\\_Una\\_opcion\\_para\\_la\\_organizacion\\_investigativa\\_nacional](https://www.researchgate.net/publication/319043533_Lakatos_y_los_programas_de_investigacion_cientifica_Una_opcion_para_la_organizacion_investigativa_nacional) Consultada el 18 de abril de 2020.

Abraham Aparicio Cabrera, “Historia económica mundial 1950-1990”, en *Economía Informa*, Vol. 385, marzo-abril, 2014: pp. 70-83. Versión electrónica en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084914704207> Consultada el 15 de abril de 2017.

Adriana Hernández Trejo, “Regulación de Medicamentos Biotecnológicos en México”, Secretaría de Salud, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, Comisión Sanitaria, 27 p., en [https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi\\_encuentro/Ponencias/Mexico\\_Biosimilares\\_AHernandez.pdf](https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi_encuentro/Ponencias/Mexico_Biosimilares_AHernandez.pdf) Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“AGENDA GRIS. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN”, en <https://www.cmic.org.mx/mnsectores/agua/programaNacionalsemarnat/04.pdf> Consultada el 10 de septiembre de 2019.

Aguilera Monchón, Juan Antonio, *Creación de vida. El diseño de organismos artificiales*, México, National Geographic, 2018, 143 p.

Agustín López Munguía, “¿Qué tanto contaminas cuando comes? (1ª Parte)” en <https://invdes.com.mx/los-investigadores/que-tanto-contaminas-cuando-comes-1a-parte/> Consultada el 10 de agosto de 2020.

Agustín López Munguía, “Qué tanto contaminas cuando comes? (2ª Parte)”, en <http://www.acmor.org.mx/?q=content/%C2%BFqu%C3%A9-tanto-contaminas-cuando-comes-2a-parte> Consultada el 10 de agosto de 2020.

Albert Sasson, “La bioetecnología y el Tercer Mundo”, en *El Correo. Una ventana abierta al mundo*, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Año XV, Marzo 1987, pp. 29-33. Versión electrónica [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000073033\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000073033_spa) Consultada el 4 de abril de 2019.

Alejandro Espinosa Calderón y Margarita Tadeo Robledo, “Importación récord de maíz, una afrenta para México”, en *La Jornada*, México, 25 de febrero de 2018, Versión

electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2018/02/25/economia/021a1eco> Consultada el 16 de octubre de 2019.

Ana Cuevas Badillo. “Los bioartefectos: viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional”, en *Argumentos de Razón Técnica*, núm. 11, 2008, pp. 71-96. Versión electrónica en <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/21753> Consultada el 29 de agosto de 2018.

Ana Gabriela Izquierdo Tolosa y Giselle Pérez Zazueta, *Biotecnología*, México, PROMÉXICO. Inversión y Comercio, Secretaría de Economía, 2014, 28 p. Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75579/05052014\\_DS\\_Biotecnologia\\_ES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75579/05052014_DS_Biotecnologia_ES.pdf) Consultada el 4 de abril de 2019.

Ana Luisa Sesman Bernal, “La investigación científica en México”, en *Revista COFEPRIS. Protección y Salud*, 02 de febrero de 2017, en <http://revistacofepris.salud.gob.mx/n/no8/ciencia.html> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

Angélica Simón, “CNDH recomienda a gobierno mejorar gestión de plaguicidas en México”, enero 10 de 2019, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1631/cndh-recomienda-a-gobierno-mejorar-gestion-de-plaguicidas-en-mexico/> Consultada el 4 de abril de 2019.

Anton E. Wohlers, “Perspective. Labeling of genetically modified food. Closer to reality in the United states?”, *Politics and the Life Sciences*, Spring 2013, Vol. 32, No. 1, pp. 73-84. Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/43287269> Consultada el 25 de abril de 2019.

Antonio Lazcano, “Quo vadis, Mexican science?”, en *Science*, Vol. 365, 26 Jul 2019: pp. 301 Versión electrónica en <https://science.sciencemag.org/content/365/6451/301> Consultada el 21 de septiembre de 2019.

Antonio Turrent Fernández, “¿Agronomía vs. Agroecología?”, *La Jornada*, México, 18 de junio de 2019, Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2019/06/18/opinion/016a1pol> Consultada el 09 de diciembre de 2019.

-----, “Aún no hay punto final en debate sobre transgénicos”, en *La Jornada*, México, 22 de julio de 2016, Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2016/07/22/opinion/018a2pol>, Consultada el 09 de diciembre de 2019.

-----, “Hay recursos en el campo para la autosuficiencia alimentaria”, en *La Jornada*, México, 26 de abril de 2014, Versión electrónica en

<https://www.jornada.com.mx/2014/04/26/opinion/014a1pol> Consultada el 09 de diciembre de 2019.

-----, “¡No al maíz transgénico: no nos hace falta!”, en *La Jornada*, México, 01 de agosto de 2014, Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2014/08/01/opinion/022a1pol> Consultada el 09 de diciembre de 2019.

Areli Sánchez, “Cambia biotecnología modelo farmacéutico”, *Reforma*, México, 27 de mayo de 2019, pp. 14.

Armando Becerra Pérez, “La industria del bioetanol en México”, *Economía UNAM*, vol.6, no.16, México enero-abril 2009, Versión electrónica en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2009000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2009000100006) Consultada el 28 de octubre de 2019.

Arturo Ramos Ortiz, “Destituyen a Lazcano luego de criticar al Conacyt”, en *CRÓNICA.COM.MX*, en [https://www.cronica.com.mx/notas-destituyen\\_a\\_lazcano\\_luego\\_de\\_criticar\\_al\\_conacyt-1132052-2019](https://www.cronica.com.mx/notas-destituyen_a_lazcano_luego_de_criticar_al_conacyt-1132052-2019), Consultada el 21 de septiembre de 2019.

Aviso de Cancelación de la Norma Oficial Mexicana NOM-056.FITO.1995, por la que se establecen los Requisitos Fitosanitarios para la Movilización Nacional, Importación y Establecimiento de pruebas de campo de Organismos Manipulados Mediante la Aplicación de Ingeniería Genética”. Versión electrónica en <http://www.cofemersimir.gob.mx/expedientes/6224> Consultada el 25 de agosto, 2018.

“Bacterias del Golfo de México: su distribución y potencial aplicación biotecnológica”, en <https://invdes.com.mx/los-investigadores/bacterias-del-golfo-de-mexico-su-distribucion-y-potencial-aplicacion-biotecnologica-2/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Bacterias que comen petróleo proliferan en la Fosa de las Marianas”, en <https://www.europapress.es/ciencia/habitat-y-clima/noticia-bacterias-comen-petroleo-prolifera-fosa-marianas-20190412130154.html> Consultada el 07 de febrero de 2020.

“Balanza Nacional de Comercio Exterior Agroalimentario. Agosto 2019”, Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, en <https://gcma.com.mx/balanza-nacional-de-comercio-exterior-agroalimentario.php> Consultada el 15 de octubre de 2019.

“Balanza Nacional de Comercio Exterior Agroalimentario. Continúa el saldo positivo en la balanza comercial del sector agroalimentario: 7566 MDLS de enero a agosto de 2019”, en <https://gcma.com.mx/balanza-nacional-de-comercio-exterior-agroalimentario.php> Consultada el 15 de octubre de 2019.

Barahona, Ana, et. al., *La genética en México. Institucionalización de una disciplina*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de Humanidades, 2003, 241 p.

Barraclagh, Geoffrey, *Introducción a la Historia contemporánea*, Trad. Cecilio Sánchez Gil, España, Gredos, 1985, 350 p.

-----, *La Historia desde el mundo actual*, Madrid, Revista de Occidente, 1959, 259 p.

“Bayh-Dole Act a Glance What It Means for Technology Commercialization”, en <https://www.innovation.pitt.edu/resource/bayh-dole-act-at-a-glance/> Consultada el 10 de octubre de 2018.

Becher, Tony, *Tribus y territorios académicos. La indagación intelectual y las culturas de las disciplinas*, Trad. Andrea Menegotto, Barcelona, Gedisa, 2001, 253 p.

Bedau, Mark A. y Carole E. Cleland (Compiladores), *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia*, Trad. Mariano Sánchez Ventura, México, Fondo de Cultura Económica, 2016, 870 p.

Bergel, Salvador y Alberto Díaz (Organizadores), *Biotecnología y sociedad*, Argentina, Ciudad Argentina, 2001, 560 p.

Bijker, Wiebe E., et. al., *The Paradox of Scientific Authority. The role of scientific advice in democracies*, Londres, The MIT Press, 2009, 223 p.

“Biocomparables, opción para reducir costos en el sistema Nacional de Salud”, Gobierno de México, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 29 de noviembre de 2017, en <https://www.gob.mx/cofepris/articulos/biocomparables-opcion-para-reducir-costos-en-el-sistema-nacional-de-salud-136953?idiom=es>, Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“Biomedicamentos en México”, en *Expansión*, 28 de abril d 2008, en <https://expansion.mx/manufactura/actualidad/2008/04/28/biomedicamentos-en-mexico> Consultada el 23 de enero de 2020.

“Biorremediación”, en [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/2/BT61A/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=309970](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/2/BT61A/1/material_docente/bajar?id_material=309970) Consultada el 18 de febrero de 2020.

“Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes”, en *Revista internacional de contaminación ambiental*, México, Vol. 27, No. 23, agosto 2011, Versión electrónica en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n3/v27n3a9.pdf> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Biotechnology for the Environment in the Future. Science, Technology and Policy”, en *OCDE Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 3, 10-04-2013, OECD Publishing Paris. Versión electrónica en <http://dx.doi.org/10.1787/5k4840hqhp7j-en> Consultada el 4 de abril de 2019.

Bolaños, Federico, *El impacto biológico. Problema ambiental contemporáneo*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación General de Estudios de Posgrado, Instituto de Biología, 1990, 476 p.

Bolívar Zapata, Francisco, (Coord.), *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, 2001, 339 p.

-----, (Compilador y editor) *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*, México, Academia Mexicana de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Biotecnología, El Colegio Nacional, CONACYT, CIBIOGEM, 2007, 718 p.

-----, *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*, México, Academia Mexicana de Ciencias: Comité de Biotecnología, 2011, 179 p.

Bordieu, Pierre, *El oficio del científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad*, Trad. Joaquín Jordá, España, Anagrama, 2003, 213 p.

Butterfield, H., *Los orígenes de la ciencia moderna*, 2 ed. Trad. L. Castro, España, Taurus, 1971, 324 p.

“Canadian PM Justin Trudeau Speech on US-CANADA Trade Agreement (1/oct/2018)”, en <https://www.youtube.com/watch?v=jZIMA7e0Ze0&feature=youtu.be> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

“Cancelación de la Norma Oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995, por la que se establecen los Requisitos Fitosanitarios para la Movilización Nacional, Importación y Establecimiento de pruebas de campo de Organismos Manipulados mediante la aplicación de Ingeniería Genética”, Versión electrónica en <https://www.inforural.com.mx/aviso-de-cancelacion-de-la-norma-oficial-mexicana-nom-056-fito-1995-por-la-que-se-establecen-los-requisitos-fitosanitarios-para-la-movilizacion-nacional-importacion-y-establecimiento-de-pruebas-de-cam/> Consultada el 25 de agosto, 2018.

Carlos Urzúa, “La cuatroté y el Consenso de Washington”, en *El Universal*, Opinión, 28 de octubre de 2019, en <https://www.eluniversal.com.mx/opinion/carlos-m-urzua/la-cuatrote-y-el-consenso-de-washington> Consultada el 28 de octubre de 2019.

Carolina Gómez Mena, “Piden a Semarnat revertir restricciones a la siembra de algodón”, *La Jornada*, México, 7 de agosto de 2020. Versión electrónica en

<https://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2020/08/07/piden-a-semarnat-revertir-restricciones-a-la-siembra-de-algodon-8712.html> Consultada el 31 de marzo de 2021.

Carolina Miramontes Muñoz, “La Biotecnología, Eficaz en el Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos de Hidrocarburo”, *Petroquímex. La revista de la industria energética*, México, 12 de noviembre de 2013, en <https://petroquimex.com/la-biotecnologia-eficaz-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-y-residuos-de-hidrocarburo/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico. Bioetanol 2017”, Secretaría de Energía: Instituto Mexicano del Petróleo, 43 p., en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296709/NT\\_Bioetanol\\_01022018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296709/NT_Bioetanol_01022018.pdf) Consultada el 28 de octubre de 2019.

Casanova, Julián, *La historia social y los historiadores*, 2 ed., Barcelona, Crítica, 1997, 167 p.

Chalmers, Alan F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*, 12 ed., Trad. Eulalia Pérez Sedeño y Pilar López Mañez, México, Siglo XXI, 1991, 245 p.

Chavuvet, Michelle, *Biotecnología y sociedad*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 2015, 261 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, *Informe de actividades 2017-2019*, México, CONABIO, 39 p, Versión electrónica en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/548546/informe-conabio-2017-2019.pdf> Consultada el 5 de junio de 2020.

CONABIO 1992/2004, *Problemática del Conocimiento y Conservación de la Biodiversidad*, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2005, 48 p. en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67746/informe\\_1992\\_2004.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67746/informe_1992_2004.pdf) Consultada el 3 de junio de 2020.

CONACYT, “INFORME GENERAL DEL ESTADO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN MÉXICO 2015” Versión electrónica en <http://www.siiicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-tecnologia-e-innovacion/informe-general-2015/3814-informe-general-2015/file> Consultada el 26 de abril 2016.

“Conclusioni del congresso europeo dei movimenti per la vita (granada, 7-9 aprile 2000)”, en *Bollettino, Sala stampa della Santa Sede* (Oficina de Prensa de la Santa Sede) N. 0276. Versión electrónica en <https://press.vatican.va/content/salastampa/it/bollettino/pubblico/2000/05/04/0276/01001.html> Consultada el 14 de septiembre de 2019.



“Conferencia de Asilomar (1975), implicaciones éticas de la ingeniería genética”, en <http://apuntesbiotecnologiageneral.blogspot.com/2015/06/conferencia-de-asilomar-1975.html> Consultada el 15 de abril de 2018.

Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso. Declaración de Budapest, UNESCO-ICSU, 1999, en [http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion\\_s.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm) Consultada el 24 de agosto de 2020.

Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable Región Occidente, SEMARNAT, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). “REUNIÓN VIRTUAL COMISIÓN TÉCNICA AZUL/GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA”, en [http://apps3.semarnat.gob.mx/consejos/wp-content/uploads/2015/12/PRESENTACION\\_-\\_azul\\_occidente\\_4-sep-2015.pdf](http://apps3.semarnat.gob.mx/consejos/wp-content/uploads/2015/12/PRESENTACION_-_azul_occidente_4-sep-2015.pdf) Consultada el 10 de septiembre de 2019.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, “Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social. Medición de la pobreza serie 2008-2018”, 5 de agosto de 2019. Versión electrónica en [https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza\\_18/Pobreza\\_2018\\_CONEVAL.pdf](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf) Consultada el 29 de abril de 2020.

Consortio de Investigación del Golfo de México, “Degradación de Hidrocarburos”, en [http://www.ibt.unam.mx/server/PRG.base?alterno:0,tipo:doc,tit:Consortio\\_de\\_Investigaci%F3n,dir:cigom.principal.html,pre:ibt](http://www.ibt.unam.mx/server/PRG.base?alterno:0,tipo:doc,tit:Consortio_de_Investigaci%F3n,dir:cigom.principal.html,pre:ibt) Consultada el 07 de febrero de 2020.

Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, en [https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/paris/trt\\_paris\\_001es.pdf](https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/paris/trt_paris_001es.pdf) Consultada el 15 de octubre de 2020.

Convenio sobre Diversidad Biológica, naciones Unidas, 1992, 32 p. Versión electrónica en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf> Consultada el 24 de agosto de 2020.

“Convenio sobre la Diversidad Biológica”; en <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf> Consultada el 10 de junio de 2020.

“Convention on Biological Diversity”, <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf> Consultada el 11 de mayo de 2019.

“Corporación Mexicana de investigación en materiales. Desarrollo de tecnología para remediar suelos contaminados”, en <https://centrosconacyt.mx/objeto/desarrollo-de-tecnologia-para-remediar-suelos-contaminados/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

Cynthia Villagómez Oviedo, “Ciencia, tecnología e investigación en México”, *Revista interior gráfico de la división de arquitectura de la universidad de Guanajuato*, 12 ed., Septiembre de 2012. Versión electrónica en

<https://www.interiorgrafico.com/edicion/decima-segunda-edicion-septiembre-2012/ciencia-tecnologia-e-investigacion-en-mexico> Consultada el 25 de septiembre de 2018.

Daniel G. Gibson, *et. al.*, “Creation of a Bacterial Cell Controlled by Chemically Synthesized Genome”, en *Science express*, May 20, 2010. Versión electrónica en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20488990> Consultada el 15 de agosto de 2018.

Daniel Sandoval Vázquez, “Treinta años de transgénicos en México (compendio cartográfico), Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano, agosto de 2017, 40 p. Versión electrónica en [http://ceccam.org/sites/default/files/30\\_a%C3%B1os\\_transgenicos.pdf](http://ceccam.org/sites/default/files/30_a%C3%B1os_transgenicos.pdf) Consultada el 25 de marzo de 2021.

David García-Hernández, *et. al.*, “Biorremediación de agua doméstica contaminada con aceite residual automotriz”, en *Ingeniería hidráulica en México*, México, Vol. XXII, núm. 2, abril-junio de 2007, pp. 113-118. Versión electrónica en [www.revistatyca.org.mx › ojs › index.php › tyca › article › download](http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/download) Consultada el 28 de octubre de 2019.

De Gortari, Eli, *La ciencia en la historia de México*, 2 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2016, 633 p.

De la Garza Toledo, Enrique y Gustavo Leyva (Coordinadores), *Tratado de metodología de las ciencias sociales: perspectivas actuales*, México, Fondo de Cultura Económica, Universidad Autónoma Metropolitana, 2016, 647 p.

De la Peña, María Eugenia, *et. al.*, *Tratamiento de aguas residuales en México*, Banco Interamericano de Desarrollo, 2013, 44 p. Versión electrónica en [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_en\\_Mexico2013.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Tratamiento_de_aguas_residuales_en_Mexico2013.pdf) Consultada el 15 de mayo de 2019.

“Debate. Genetic modified organisms (GMO)”, en *Promotio Iustitiae*, No. 79, 2003/3 pp. 5-31. Versión electrónica en [http://www.sjweb.info/documents/sjs/pj/docs\\_pdf/PJ\\_079\\_ENG.pdf](http://www.sjweb.info/documents/sjs/pj/docs_pdf/PJ_079_ENG.pdf) Consultada el 14 de septiembre de 2019.

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm> Consultada el 31 de agosto de 2020.

“Degradación de hidrocarburos”, en [http://bioinformatica.uab.es/biocomputacio/treballs02-03/RBurgos/dades/degradaci%C3%B3n\\_de\\_hidrocarburos.htm#arom%C3%A1ticos](http://bioinformatica.uab.es/biocomputacio/treballs02-03/RBurgos/dades/degradaci%C3%B3n_de_hidrocarburos.htm#arom%C3%A1ticos) Consultada el 18 de febrero de 2020.

“Del NAFTA y TLCAN al USMCA y AEUMC. ¿Qué significan estas siglas?”, en *El Universal*, México, 1 de octubre de 2018. Versión electrónica en

<https://www.eluniversal.com.mx/mundo/del-nafta-y-tlcan-usmca-y-aeumc-que-significan-estas-siglas> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

Delgado-Morales, Raúl y Carlos Romá-Mateo, *La epigenética. Cómo el entorno modifica nuestros genes*, México, National Geographic, 2018, 141 p.

*Desarrollo de rutas de instrumentación de las contribuciones nacionalmente determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (G y CEI) del sector Aguas Residuales de México 2018*, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018, 191 p., Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas\\_residuales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas_residuales.pdf) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

“Descubren la capacidad de una bacteria para degradar petróleo”, *La Jornada*, México, 17 de octubre 2014, pp. 2, en <https://www.jornada.com.mx/2014/10/17/ciencias/a02n1cie> Consultada el 07 de febrero de 2020.

“Destituyen de la Comisión Dictaminadora del Sistema Nacional de Investigadores a Antonio Lazcano tras críticas al Conacyt”, en <https://www.animalpolitico.com/2019/09/antonio-lazcano-criticas-conacyt/> Consultada el 21 de septiembre de 2019.

Díaz Romero, Juan, *La ética de mañana empieza hoy. La propuesta jonasiana de la responsabilidad*, México, Suprema Corte de justicia de la Nación, 2013, 201 p.

Diego Parente, “El estatuto de los bioartefactos. Intencionalismo, reproductivismo y naturaleza”, en *Revista de Filosofía*, Vol. 39, España, Núm. 1 (2014): pp. 163-185, Versión electrónica en <http://revistas.ucm.es/index.php/RESF/article/view/45621/42900> Consultada el 19 de agosto de 2018.

-----, “Intenciones y artefactos: sobre el enfoque hilpiano de autoría en el ámbito de los objetos técnicos”, Versión electrónica en <http://www.scielo.br/pdf/ss/v11n2/06.pdf> Consultada el 19 de agosto de 2018.

“Discurso de Norman Borlaug, el padre de la "Revolución Verde", al recibir el Premio Nobel de la Paz de 1970”, Versión electrónica en <http://constitucionweb.blogspot.com/2011/01/discurso-de-norman-borlaug-el-padre-de.html> Consultada el 02 de julio 2019.

“DISCURSO DEL SANTO PADRE JUAN PABLO II A LA ASAMBLEA GENERAL DE LA ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL”, 29 de octubre de 1983, Versión electrónica en [https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/es/speeches/1983/october/documents/hf\\_jp-ii\\_spe\\_19831029\\_ass-medica-mondiale.pdf](https://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/es/speeches/1983/october/documents/hf_jp-ii_spe_19831029_ass-medica-mondiale.pdf) Consultada el 14 de septiembre de 2019.

Dubos, René, *Los sueños de la razón*, 3 ed., Trad. Juan Almela, México, Fondo de Cultura Económica, 1996, 159 p.

Dutrénit, Gabriela, et. al., (Coordinadores), *Globalización, acumulación de capacidades e innovación. Los desafíos para las empresas, localidades y países*, México, Fondo de Cultura Económica, Organización de Estados Iberoamericanos, 2007, 483 p.

Echeverría, Javier. *La revolución tecnocientífica*, España, Fondo de Cultura Económica, 2003, 282 p.

Edit Antal, “Interacción entre política, ciencia y sociedad en biotecnología. La regulación de los organismos genéticamente modificados en Canadá y México”, en *Norteamérica*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Centro de Investigaciones sobre América del Norte, Año 3, número 1, enero-junio de 2008: pp. 11-63. Versión electrónica en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-35502008000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502008000100002) Consultada el 4 de abril de 2019.

Eduardo Amadeo, “Los consejos nacionales de ciencia y tecnología en América Latina. Éxitos y fracasos del primer decenio”, en México, *Comercio Exterior*, Vol. 28, Núm. 12, Diciembre de 1978, pp. 1439-1447. Versión electrónica en <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/468/2/RCE2.pdf> Consultada el 20 de agosto de 2018.

“El crecimiento de la economía del maíz en México y EE.UU.”, en [https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/documentos\\_interes\\_220819.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/documentos_interes_220819.pdf) Consultada el 16 de octubre de 2019.

“El Cuaderno de por qué Biotecnología”, Edición No. 36, 2006, en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM\\_fitorremediacion\\_biotec\\_\\_25656.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_biotec__25656.pdf) Consultada el 28 de octubre de 2019.

“El G20 reconoce la importancia de la salud para el desarrollo sostenible”, Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica, A.C., 11 de diciembre de 2018, en <https://amiif.org/2018/12/11/el-g20-reconoce-la-importancia-de-la-salud-para-el-desarrollo-sostenible/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“El medio ambiente en México 2013-2014”, en [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_2\\_3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

“En México, hay 5.5 millones de personas dedicadas al trabajo agrícola: INEGI” *Inforural*, 12 de mayo de 2016, en <https://www.inforural.com.mx/mexico-5-5-millones-personas-dedicadas-al-trabajo-agricola-inegi/> Consultado el 11 de septiembre 2019.

“Encuesta Nacional Agropecuaria 2017”, en [www.inegi.org.mx/programas/ena/2017](http://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017), Consultada el 14 de octubre de 2019.

"Encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología en México, 2017", INEGI, en [https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT\\_2017.pdf](https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT_2017.pdf) Consultada el 25 de abril, 2019.

Entrevista a Agustín López Munguía, Depto. Instituto de Biotecnología: Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis, UNAM, realizada el 10 de diciembre de 2019.

Entrevista a Antonio Eusebio Lazcano Araujo Reyes, Facultad de Ciencias (UNAM), realizada el 15 de julio de 2020.

Entrevista a Ismael Ledesma Mateos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM), realizada el 5 de octubre de 2020.

Entrevista a José Ernesto Ramírez González, Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicas (InDRE), realizada el 4 de agosto y el 6 de octubre de 2020.

Entrevista a Juan Raúl Meixueiro Montes de Oca, Facultad de Medicina (UNAM), Laboratorios PISA, realizada el 30 de marzo de 2020.

Entrevista a Raúl Meixueiro, Laboratorios PISA, realizada el 30 de marzo de 2020.

Entrevista a Uriel Urquiza, Instituto de Biología Sintética de la Universidad de Düsseldorf, Alemania, realizada el 27 de abril de 2020.

*Estadísticas del agua en México 2018*, México, Secretaría del Medio Ambiente, Comisión Nacional del Agua, 2018, 306 p. Versión electrónica en [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

"Etanol o las alternativas combustibles. ¿Qué hacemos frente al "gasolinazo" en México", Cámara de Diputados LXIII Legislatura, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 03 de febrero de 2017, 29 p., en <http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/content/download/69972/352189/file/CESOP-IL-14DT239EtanololasAlternativasCombustible-20170203.pdf>

"Expectativas de Producción Agropecuaria y Pesquera 2018", *Inforural*, 2 de abril de 2019, en <https://www.inforural.com.mx/expectativas-de-produccion-agropecuaria-y-pesquera-2018-7/> Consultada el 15 de abril de 2019.

Fisher, Jaime, *El hombre y la técnica. Hacia una filosofía política de la ciencia y la tecnología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010, 365 p.

Flores, Edmundo, *Vieja revolución nuevos problemas*, 3 ed. México, Joaquín Mortis, 1970, 126 p.

Flores de la Peña, Horacio, *Teoría y práctica del desarrollo*, México, Fondo de Cultura Económica, 1976, 193 p.

Fronidzi, Riseri, *¿Qué son los valores? Introducción a la axiología*, 5 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 1972, 236 p.

“*Future prospects for IndustrialBiotechnology*” Versión electrónica en [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/future-prospects-for-industrial-biotechnology\\_9789264126633-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/future-prospects-for-industrial-biotechnology_9789264126633-en#page1) Consultada el 4 de abril de 2019.

Gabriel Romero Sánchez y Alejandro Cruz Flores, “Construirán planta de tratamiento en Chapultepec”, en *La Jornada*, México, 22 de marzo de 2016, pp. 34. Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2016/03/23/capital/034n2cap> Consultada el 10 de febrero de 2020.

*Gaceta UNAM*, (2018-2019).

“Gestación subrogada en México. Resultados de una mala regulación”, Grupo de Información en Reproducción Elegida, en <https://gestacion-subrogada.gire.org.mx/#/> Consultada el 2 de abril de 2021.

Giddens, Anthony, *Sociología*, 2 ed., Trad. Teresa Alberó, *et. al.*, España, Alianza, 1994, 864 p.

Gobierno de México, Secretaría de la Defensa Nacional, “Construcción y operación de Plantas de tratamiento de aguas residuales. Tratamientos de aguas residuales en campos y unidades habitacionales militares”, 01 de mayo de 2019, en <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=plantasTratamiento&ver=grafica> Consultada el 28 de octubre de 2019.

Gobierno de la Ciudad de México: Secretaría del Medio ambiente, “Reporte de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Ciudad de México, 2015”, Versión electrónica en <https://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/RPTAR%202015%20OP%202.pdf> Consultada el 15 de mayo de 2019.

González-Burrón, Helene y Manuel Targdaguilla-Sancho, *El ADN BASURA. La materia oscura de nuestro genoma*, México, National Geographic, 1918, 143 p.

González Valenzuela, Juliana, *Genoma humano y dignidad humana*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-ANTHROPOS, 2005, 252 p.

Gonzalo Federico Zubia, “Incidencias de la técnica y el género a la luz de los estudios sobre el espacio: escenas latinoamericanas para un análisis cultural situado”, Tesis para obtener el grado de Doctor en Comunicación Social, Director: Alejandro Kaufman, Argentina, Universidad de la Plata, 2016, 226 p. Versión electrónica en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52182> Consultada el 19 de agosto de 2018.

Greenpeace México, “Comunidades mayas y organizaciones denuncian presencia de soya transgénica en Campeche”, octubre 22, 2018, en

<https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1224/comunidades-mayas-y-organizaciones-denuncian-presencia-de-soya-transgenica-en-campeche/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “Cultivos transgénicos, cero ganancias”, en <https://storage.googleapis.com/planet4-mexico-stateless/2018/11/265b63b6-265b63b6-cultivostransgenicos-ceroganancias.pdf> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “Cultivos transgénicos ¿Quién pierde?”, en <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/979/cultivos-transgenicos-quien-pierde/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “Denuncian a funcionarios por violaciones en consulta indígena”, noviembre 28, 2018, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1472/denuncian-a-funcionarios-por-violaciones-en-consulta-indigena/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “El poder de la gente para proteger al maíz mexicano”, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/740/el-poder-de-la-gente-para-proteger-al-maiz-mexicano/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “Funcionarios del Senasica y la Cofepris atentan contra la bioseguridad del país, AMLO no debe ratificarlos en sus cargos: Greenpeace”, septiembre 24, 2018, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/749/funcionarios-del-senasica-y-la-cofepris-atentan-contrala-bioseguridad-del-pais-amlo-no-debe-ratificarlos-en-sus-cargos-greenpeace/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “Greenpeace “premia” a AMLO por comprometerse a lograr la soberanía alimentaria”, octubre 16, 2018, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1213/greenpeace-premia-a-amlo-por-comprometerse-a-lograr-la-soberania-alimentaria/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “ #ConsultaMaya #SalvemosLaSelvaMaya #UnidosPorLaSelva”, 15 de febrero de 2018, en <https://www.greenpeace.org/mexico/noticia/1044/consultamaya-salvemoslaselvamaya-unidosporlaselva/> Consultada el 4 de abril de 2019.

-----, “ #Transgénicos”, en <https://www.greenpeace.org/mexico/tag/transgenicos/> Consultada el 4 de abril de 2019.

Guillén R., Arturo, *México hacia el siglo XXI: Crisis y modelo económico alternativo*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, Plaza y Valdez, 2000, 319 p.

Hacking, Ian, *La domesticación del azar. La erosión del determinismo y el nacimiento de las ciencias del caos*, Trad. Alberto L. Bixio, España, Gedisa, 1991, 363 p.

-----, Ian, *Historical Ontology*, United States, Harvard University Press, 2002, 279 p.

-----, *Representar e intervenir*, México, Paidós, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2001, 321 p.

Harari, Yuval Noah, *De animales a dioses. Breve historia de la humanidad*, 19 ed., Trad. Joandemenèc Ros, México, Debate, 2018, 493 p.

Hobsbawm, Eric, *Historia del siglo XX*, 4 ed. Trad. Juan Faci, *et. al.*, España, Crítica, 2003, 614 p.

Hodara, Joseph, *Científicos vs. Políticos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, 1969, 189 p.

<http://apuntesbiologiamol.blogspot.mx/2014/04/conferencia-de-asilomar.html> Consultada 15 de abril 2018.

[http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P)

<http://estudioslatinoamericanos.cl/principales-economias-de-america-latina/> Consultada el 15 de mayo de 2019

<http://estudioslatinoamericanos.cl/principales-economias-de-america-latina/> Consultada el 18 de mayo de 2019

<http://sinmaiznohaypais.org/Documentos/Carpeta%20Sin%20maiz%20no%20hay%20pais%20Esp%202.pdf> Consultada el 4 de abril de 2019.

<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/ciencia/> Consultada el 11 de noviembre de 2018.

<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/pecyt/> Consultada el 25 de abril de 2019.

[http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa\\_Ind\\_Dem18/index\\_2.html](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index_2.html) Consultada el 16 de diciembre de 2019.

<http://www.csg.gob.mx/consejo/historia.html> Consultada el 28 de enero de 2020.

<http://www.ibt.unam.mx/server/PRG.base?tipo:doc,dir:PRG.curriculum,par:agustin> Consultada el 30 de enero de 2018.

<https://amiif.org/acerca-de-amiif/nosotros/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=MX> Consultada el 11 de noviembre de 2018.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=ZJ-CL> Consultada el 15 de mayo de 2019.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.CBRT.IN> Consultada el 11 de noviembre de 2020.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.CDRT.IN> Consultada el 11 de noviembre de 2020.



<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL> Consultada el 11 de noviembre de 2020.

<https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica1/unidad2/combustion/compuestos> Consultada el 22 de febrero de 2020.

[https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_PressRelease\\_ES.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_ES.pdf) Consultada el 11 de noviembre de 2020.

[https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/future-prospects-for-industrial-biotechnology\\_9789264126633-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/future-prospects-for-industrial-biotechnology_9789264126633-en#page1)

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43964/141/S1800837\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43964/141/S1800837_es.pdf) Consultada el 15 de mayo de 2019.

<https://scholar.google.com/scholar?um=1&ie=UTF-8&lr&q=related:J6GLAJldYe1VEM:scholar.google.com/> Consultada el 29 de octubre de 2019.

<https://storage.googleapis.com/planet4-mexico-stateless/2018/11/7a318e4c-7a318e4c-folleto-transgenicos-22-julio-corregidoweb.pdf> Consultada el 4 de abril de 2019.

<https://storage.googleapis.com/planet4-mexico-stateless/2018/11/c4e85616-c4e85616-maces-nativos-h-bridos-y-tra.pdf> Consultada el 4 de abril de 2019.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html> Consultada el 18 de mayo, 2019.

<https://www.canifarma.org.mx/investigacionydesarrollo.html> Consultada el 23 de enero 2020.

<https://www.conacyt.gob.mx/index.php/becas-y-posgrados/programa-nacional-de-posgrados-de-calidad>

<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/cibiogem/acerca-de-la-cibiogem> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

<https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt> Consultada el 18 de mayo de 2019.

<https://www.gcma.com.mx/pdfs/Ranking%20del%20sector%20agri%CC%81cola-Me%CC%81xico.pdf> Consultada el 15 de octubre de 2019.

<https://www.gob.mx/conabio/que-hacemos> Consultada el 17 de noviembre de 2018.

<https://www.gob.mx/promexico> Consultada el 4 de abril de 2019.

<https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/construccion-y-operacion-de-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales> Consultada el 04 de enero de 2019.

<https://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=mx&v=94&l=es> Consultada el 28 de abril de 2020.

<https://www.inegi.org.mx/>

- Descarga de aguas residuales a nivel nacional (1998-2012)
- Aguas residuales que reciben tratamiento (1998-2012)
- Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación según proceso de tratamiento (2012)
- Plantas de tratamiento de aguas residuales de origen industrial por nivel de tratamiento (2012)
- Aguas residuales municipales generadas por entidad federativa (2012)
- Aguas residuales municipales que reciben tratamiento, por entidad federativa (2012)
- Tratamiento de aguas residuales industriales respecto al agua suministrada por entidad federativa (2012)

<https://www.inegi.org.mx/temas/estructura> Consultada el 11 de septiembre de 2019.

<https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados> Consultada el 11 de septiembre de 2019.

<https://www.inegi.org.mx/temas/lengua/> Consultada el 11 de septiembre de 2019.

<https://www.inegi.org.mx/temas/pecyt> Consultada el 25 de abril de 2019.

<https://www.inegi.org.mx/temas/religion/> Consultada el 11 de septiembre de 2019.

<https://www.mariscal-abogados.es/los-once-colores-de-la-biotecnologia/> Consultada el 11 de mayo de 2019.

<https://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/78/CNS07804.pdf> Consultada el 25 de abril de 2019.

<https://www.sciencehistory.org/historical-profile/herbert-w-boyer-and-stanley-n-cohen> Consultada el 9 de noviembre de 2018.

[https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext\\_orgint/eventos/docs/presentacion291117\\_1.pdf](https://www.senado.gob.mx/comisiones/relext_orgint/eventos/docs/presentacion291117_1.pdf) Consultada el 23 de febrero de 2020.

[https://www.senado.gob.mx/sgsp/respuestas/63/2/2017-08-23-1/CP2R2A-6026\\_SEGOB\\_SALUD.pdf](https://www.senado.gob.mx/sgsp/respuestas/63/2/2017-08-23-1/CP2R2A-6026_SEGOB_SALUD.pdf) Consultada el 15 de enero de 2020.

<https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html> Consultada el 11 de noviembre de 2020.

<https://www.universia.net.mx/estudios/instituto-politecnico-nacional/ingenieria-biotecnologica/st/152483>

<https://www.upibi.ipn.mx/>

Huxley, Aldous, *Nueva visita a un mundo feliz*, Trad. Miguel de Hernani, España, Editorial Sudamericana, 1998. Versión electrónica en

<http://www.mediafire.com/file/o2o93zdlaid272u/Nueva+visita+a+un+mundo+feliz.pdf>, Consultada el 15 de abril de 2018.

Imer B. Flores, “Sobre la jerarquía normativa de leyes y tratados. A propósito de la (eventual) revisión de una tesis”, en *Cuestiones constitucionales. Revista Mexicana del Derecho Constitucional*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Núm. 13, 2005. Versión electrónica en <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cuc/article/view/2145/23362> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

“Importaciones y exportaciones de maíz”, Secretaría de Desarrollo Social, Agencia de Servicios a la Comercialización y desarrollo de Mercados Agropecuarios, Centro de Información de Mercados Agropecuarios, 18 de septiembre de 2019, en [https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/ci\\_ie/2019/Importaciones\\_exportaciones\\_maiz\\_180919.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/ci_ie/2019/Importaciones_exportaciones_maiz_180919.pdf) Consultada el 16 de octubre de 2019.

“Impulsan construcción de 10 plantas de etanol en México”, *Zafranet*, junio 19 de 2017, en <https://www.zafranet.com/2017/06/impulsan-construccion-de-10-plantas-de-etanol-en-mexico/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Industria farmacéutica. Situación económica”, en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119065/Sector\\_Industria\\_Farmaceutica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119065/Sector_Industria_Farmaceutica.pdf) Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“INECC realiza taller con sector Agenda Verde para la revisión preliminar del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero”, en <https://www.gob.mx/inecc/prensa/inecc-realiza-taller-con-sector-agenda-verde-para-revisar-preliminar-del-inventario-nacional-de-emisiones-de-efecto-invernadero-inegycei?idiom=es> Consultada el 10 de septiembre de 2019.

INEGI, CONACYT, “COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 272/18” 20 de junio de 2018. Versión electrónica en [https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT\\_2017.pdf](https://www.infotec.mx/work/models/infotec/Resource/1530/1/images/ENPECYT_2017.pdf) Consultada el 25 de abril de 2019.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, “tecnologías de remediación utilizadas en México”, 2007, en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/372/tecnomexico.html> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Investor-state dispute settlement”, en [https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state\\_dispute\\_settlement](https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state_dispute_settlement) Consultada el 16 de noviembre de 2018.

Iturbe Argüelles, Rosario, *¿Qué es la biorremediación?*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Dirección General de Divulgación Científica, Gobierno del Distrito

Federal, 2010, 20 p. Versión electrónica en [http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb\\_11.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb_11.pdf) Consultada el 28 de octubre de 2019.

Jeffrey Frankel, “Trump hasn’t improved on Nafta –but at least he hasn’t blown up trade”, Versión electrónica en <https://www.theguardian.com/business/2018/oct/09/donald-trump-nafta-trade-usmca> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

Jorge Enrique Linares Salgado, “Ética y mundo tecnológico” (fragmento), s.p.i., 32 p.

José Alberto García Salazar y María de Jesús Santiago Cruz, “Importaciones de maíz en México: un análisis espacial y temporal”, en *Investigación Económica*, México, Vol. LXIII, 250, octubre-diciembre 2004: pp. 131-160, Versión electrónica en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v63n250/0185-1667-ineco-63-250-131.pdf> Consultada el 10 de octubre de 2019.

José Antonio de la Peña, “La percepción pública de la ciencia en México”, en *Ciencias*, Núm. 78, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias, abril-junio 2005, pp. 30-36. Versión en línea en <https://www.revistaciencias.unam.mx/es/75-revistas/revista-ciencias-78/589-la-persepcscion-pusblisca-de-la-cienscia-en-mesxisco.html> Consultada el 27 de abril de 2019.

José Luis Rodríguez y Liliana Pardo López, *Investigación y Desarrollo*, 21 de enero de 2018, en <https://invdes.com.mx/los-investigadores/bacterias-del-golfo-de-mexico-su-distribucion-y-potencial-aplicacion-biotecnologica-2/> Consultada el 28 de octubre de 2019.

José Roberto Arteaga, “Por qué México no puede solo con su producción de maíz”, en *ALTO NIVEL. Eleva tu poder de decisión*, 30 de marzo de 2018, en <https://www.altonivel.com.mx/empresas/por-que-mexico-no-puede-solo-con-su-produccion-de-maiz/> Consultada el 15 de octubre de 2019.

Joyce, Patrick, “What Is The Social in Social History?”, en *Past & Present*, Oxford University Press, Number 206, February 2010, 213-248 pp.

Juan Carlos Gallaga Solórzano, et. al., “Medicamentos biotecnológicos”, en *Revista COFEPRIS. Protección y Salud*, (s/f), en <http://revistacofepris.salud.gob.mx/n/no1/ciencia.html> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

Juan Carlos Miranda, “CRE defiende permiso para aumentar etanol en gasolinas”, en *La Jornada*, México, 03 de julio de 2017, Versión electrónica en <https://www.jornada.com.mx/2017/07/03/economia/021n1eco>

Juan Humberto Urquiza García, “Un modelo de bajo impacto energético para el desarrollo de México y de América Latina”, Tesis de Licenciatura en Estudios Latinoamericanos,

Asesor, Ignacio Sosa Álvarez, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía y Letras, 2005, 162 p.

Juan Piñeiro, "La Escuela de Edimburgo. V Jornadas de Sociología de la UNLP, 10, 11 y 12 de diciembre de 2008", Argentina, Universidad Nacional de La Plata, 2008. Versión electrónica en [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.6325/ev.6325.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.6325/ev.6325.pdf) Consultada el 15 de agosto de 2019.

Jude Webber, "En México debaten prohibición del maíz transgénico", *El Financiero*, México, 15 de enero de 2016 Versión electrónica en <https://www.elfinanciero.com.mx/financiamiento/en-mexico-debaten-prohibicion-del-maiz-transgenico.html> Consultada el 25 de marzo de 2021.

Kelsen, Hans, *¿Qué es la Teoría Pura del Derecho?*, 4 ed., Trad. Ernesto Garzón Valdés, México, Fontamara, 1995, 53 p.

Kitchner, Philip, *El avance de la ciencia*, Trad. Héctor Islas y Laura Manríquez, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2001, 578 p.

Kuhn, Thomas S., *La estructura de las revoluciones científicas*, 16 ed., Trad. Agustín Contín, México, Fondo de Cultura Económica, 2000, 319 p.

Kumar Singh, Kshitij, *Biotechnology and Intellectual Property Rights. Legal and Social Implications*, India, Springer, 2015, 254 p.

Kurt Buechle, "The Great Promise of Genetically Modified Organisms: Overcoming Fear, Misconceptions, and the Cartagena Protocol on Biosafety", en *Indiana Journal of Global Legal Studies*, Vol 9, No. 1. Symposium: Sustainable Development, Agriculture, and the Challenge of Genetically Modified Organisms (Fall, 2001), pp. 283-324 Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/20643828> Consultada el 25 de abril de 2019.

"La crisis financiera de los Estados Unidos y su impacto en México", Centro de Estudio de las Finanzas Públicas de la H. Cámara de Diputados, 25 p. CEFP/001/2009. Versión electrónica en <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2009/cefp0012009.pdf> Consultada el 12 de noviembre de 2018.

"La importación de maíz alcanzará cifra récord en México", en *Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 10 de mayo de 2012, en <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510057/> Consultada el 16 de octubre de 2019.

"La industria salitrera (1880-1930)", en <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-printer-3309.html> Consultada el 03 de julio de 2019.

“La investigación clínica podría generar en México inversiones por más de 2,000 millones de dólares”, Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica, A.C., 15 de agosto de 2019, en <https://amiif.org/2019/08/15/la-investigacion-clinica-podria-generar-en-mexico-mas-de-2000-millones-de-dolares-de-mejorarse-los-procesos-de-aprobacion/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

La Rosa, Emilio, *La fabricación de nuevas patologías*, 2 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2011. 234 p.

Lakatos, Imre, *Escritos Filosóficos. 1. La metodología de los programas de investigación científica*, Trad. Juan Carlos Zapatero, España, Alianza, 2002, 215 p.

Latour, Bruno, *Ciencia en acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Trad. Roberto Jiménez, *et. al.*, , Barcelona, Labor, 1992, 278 p.

Leonardo Domínguez, “Tras críticas al Conacyt, Antonio Lazcano es destituido” , en <https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/ciencia/tras-criticas-conacyt-antonio-lazcano-es-destituido> Consultada el 21 de septiembre de 2019.

Leonardo Frías, “Aumenta la incultura científica: Lazcano. Se han avivado las manifestaciones de la pseudociencia, advierte el académico de la Facultad de Ciencias”, *Gaceta UNAM*, México, 28 de junio de 2018. Versión electrónica en <https://www.gaceta.unam.mx/aumenta-la-incultura-cientifica-lazcano/> Consultada el 15 de marzo de 2019.

“Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados”. Versión electrónica en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lbogm.htm> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

“Ley de ciencia y tecnología”. Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242\\_081215.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf) Consultada el 15 de noviembre de 2018.

“Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Nueva ley”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 7 de diciembre de 2001, Texto vigente. Última reforma publicada el 20 de junio de 2018. Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235\\_200618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235_200618.pdf) Consultada el 25 de agosto 2018.

“Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Última reforma”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de mayo de 2018. Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPCCS\\_110518.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPCCS_110518.pdf) Consultada el 22 de agosto 2018.

“Ley Federal de Sanidad Vegetal. Nueva ley”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 5 de enero de 1994, Texto vigente. Última reforma publicada el 26 de diciembre de 2017.

Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/117\\_261217.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/117_261217.pdf)  
Consultada el 24 de agosto de 2018.

"Ley General de Aguas Nacionales (1992)", en <https://www.uaem.mx/progau/archivos/Marco/Federales/F3.-%20LEY%20DE%20AGUAS%20NACIONALES.pdf> Consultada el 02 de febrero de 2020.

"Ley General de Cambio Climático (2012)", en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC\\_130718.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf) Consultada el 02 de febrero de 2020.

"Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente", México, *Diario Oficial de la Federación* 28 de enero de 1988, Texto vigente. Última reforma publicada el 5 de junio de 2018. Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf) Consultada el 25 de agosto, 2018.

"Ley General de Salud", México, *Diario Oficial de la Federación*, 7 de febrero de 1984, Texto vigente. Última reforma publicada el 12 de julio de 2018, en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142\\_120718.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_120718.pdf) Consultada el 25 de agosto de 2018.

Linares, Jorge y Elena Arriaga (Coordinadores), *Aproximaciones interdisciplinarias a la bioartefactualidad*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía y Letras, Programa Universitario de Bioética, 2016, 448 p.

"Listado de medicamentos biotecnológicos biocomparables. Versión 04", Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, Comisión de Autorización Sanitaria, en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/303235/Listado\\_de\\_Medicamentos\\_Biotecnologicos\\_Biocomparables\\_\\_Versi\\_n\\_4\\_\\_27-11-2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/303235/Listado_de_Medicamentos_Biotecnologicos_Biocomparables__Versi_n_4__27-11-2017.pdf) Consultada el 23 de enero de 2020.

"Lograr un futuro más saludable y sostenible para todos", Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica, A.C., 27 de septiembre de 2019, en <https://amiif.org/2019/09/27/lograr-un-futuro-mas-saludable-y-sostenible-para-todos/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

López Beltrán, Carlos y Ambrosio Velasco (Coordinadores), *Aproximaciones a la filosofía política de la ciencia*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2013, 695 p.

"Los cultivos transgénicos muestran un crecimiento constante beneficios obtenidos en 2014; la superficie sembrada en todo el mundo aumentó en 6 millones de hectáreas", ISAAA, International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications, en

<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pressrelease/pdf/B49-PressRelease-Spanish.pdf> Consultada el 09 de diciembre de 2019.

“Los pájaros que provocaron una guerra. El guano y la Guerra del Pacífico”, en [http://crónicasdeuna.blogspot.com\(2018=05/los-pajaros-que-provocaron-una-guerra.html](http://crónicasdeuna.blogspot.com(2018=05/los-pajaros-que-provocaron-una-guerra.html) Consultada el 03 de julio de 2019.

“Maíz”, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social, septiembre de 2019, en <https://www.cima.aserca.gob.mx/swb/cima/Maiz> Consultada el 16 de octubre de 2019.

“Maíz grano cultivo representativo de México. Alimento, forraje y materia prima para la industria”, Gobierno de México, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, en <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico/> Consultada el 16 de octubre de 2019.

“Maíz transgénico en México”, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), Cámara de Diputados LXIV Legislatura, abril de 2019, 7 p. Versión electrónica en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/9/42Inv.%20Ma%C3%ADz%20Geneticamente%20Modificado.pdf> Consultada el 25 de marzo de 2020.

Maldonado, Carlos Eduardo, “Complejidad de las Ciencias Sociales. Un reto para las Ciencias Sociales”, *Cinta de moebio: Revista epistemológica de Ciencias Sociales*, Universidad de Chile, V. 36, Septiembre de 2009, <http://www.moebio.uchile.cl/36/maldonado.html> (Consulta: 11 de noviembre de 2017).

Mannheim, Karl, *Ideología y Utopía. Introducción a la Sociología del Conocimiento*, Trad. Salvador Echavarría, México, Fondo de Cultura Económica, Edición conmemorativa 70 aniversario, 2004, 382 p.

Manuel Villalpando César, “Los fines del Estado Mexicano”, en <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/quid-iuris/article/view/17514/15722> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

María Colín, “AMLO y la bioseguridad de OGM”, en <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/1883/amlo-y-la-bioseguridad-de-ogm/> Consultada el 4 de abril de 2019.

María del Pilar Martínez, “México, en la ruta para producir transgénicos”, en *El Economista*, México, 2 de agosto de 2012. Versión electrónica en <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-en-la-ruta-para-producir-transgenicos-20120802-0035.html> Consultada el 28 de abril de 2020.

María del Rosario Selene Vargas García, “Producción y comercialización del maíz en México, cobertura de riesgos y derivados”, 21º Encuentro Nacional sobre Desarrollo



Sostenible Regional en México, 15-18 de noviembre de 2016, 21 p., en <http://ru.iiec.unam.mx/3444/1/084-Venegas.pdf> Consultada el 30 de enero de 2018.

María Elena Álvarez-Buylla Rocas, “A new scientific agenda for Mexico”; en *Science*, Vol. 365, 20 Sept. 2019: pp 1257-1258.

María Eugenia de la Peña, et. al., “Tratamiento de aguas residuales en México”, Banco Interamericano de Desarrollo, mayo 2013, en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tratamiento-de-aguas-residuales-en-M%C3%A9xico.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

María Luisa Santillán, “Agustín López-Munguía: de la biotecnología a nuestra mesa”, *Ciencia UNAM*, 31 de enero de 2014, en [http://ciencia.unam.mx/leer/307/Agustin\\_Lopez-Munguia\\_la\\_biotecnologia\\_a\\_nuestra\\_mesa](http://ciencia.unam.mx/leer/307/Agustin_Lopez-Munguia_la_biotecnologia_a_nuestra_mesa) Consultada el 30 de enero de 2018.

Martha Fehér, “Lo natural y lo artificial (un ensayo de clarificación conceptual)”, en *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, Vol. XVII/3, 1998, Versión electrónica en <https://www.oei.es/historico/salactsi/teorema04b.htm> Consultada el 29 de agosto de 2018.

Mazzucato, María, *The entrepreneurial State*, United Kingdom, Demos, 2011 148 p. Versión electrónica en [https://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial\\_State\\_-\\_web.pdf](https://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial_State_-_web.pdf) Consultada el 27 de mayo de 2020.

“Medicamentos biotecnológicos. Comisión de Autorización Sanitaria”, Secretaría de Salud, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 19 p., en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273263/RESULTADOS\\_BIOTECNOL\\_GICOS\\_NOVIEMBRE\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273263/RESULTADOS_BIOTECNOL_GICOS_NOVIEMBRE_2017.pdf) Consultada el 17 de enero de 2020.

Meixueiro Montes de Oca, Juan Raúl, et. al., *Medicamentos biotecnológicos y biocomparables (principios básicos para el médico)*, México, Laboratorios PISA, 2015, 313 p.

Mendizábal García, Dora Evangelina (coordinadora), *Universidad y Diversidad. México Nación Multicultural*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Programa Universitario de Estudios de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad, 2019, 467 p. Versión electrónica en [http://www.nacionmulticultural.unam.mx/portal/pdf/publicaciones\\_novedades\\_editoriales/libro\\_universidad\\_diversidad\\_mexico\\_nacion\\_multicultural.pdf](http://www.nacionmulticultural.unam.mx/portal/pdf/publicaciones_novedades_editoriales/libro_universidad_diversidad_mexico_nacion_multicultural.pdf) Consultada el 30 de mayo de 2020.

Mercados Agropecuarios, en <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es> Consultada el 16 de octubre de 2019.

Miguel Esteban, J. y Sergio F. Martínez, *Normas y prácticas en la ciencia*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2008, 258 p.

Monsanto Argentina, “Biotecnología en colores”, en <http://descubri.monsanto.com.ar/notas/biotecnologia-en-colores/> Consultada el 11 de mayo de 2019.

Moser, Antonio, *Biotecnología y bioética. ¿Hacia dónde vamos?*, México, Dabar SA de CV, 2004, 290 p.

Muñoz Rubio, Julio (Coord.), *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Siglo XXI, 2004, 298 p.

Naciones Unidas, “Convenio sobre diversidad biológica”, en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>, Consultada el 11 de mayo de 2019.

“NAFTA”, en <https://isds.bilaterals.org/?-isds-nafta-&lang=> Consultada el 16 de noviembre de 2018.

Nicéforo Guerrero Espinosa y Javier Ramírez Escamilla, “Biotecnología, Biojurídica y Derecho”, en *Revista Académica de la Facultad de Derecho*, México, Universidad La Salle, Vol. 12, núm. 23, julio 2014, pp. 201-222.

Norma Oficial Mexicana NOM-257-SSA1-2014, En materia de medicamentos biotecnológicos, SECRETARIA DE SALUD, Estados Unidos Mexicanos; *Diario Oficial de la Federación*, México, Secretaría de Gobernación, México, 11 de diciembre 2014, Versión electrónica en <http://sidof.segob.gob.mx/notas/5375517> Consultada el 17 de enero de 2020.

Norman Borlaug, “Wheat Breeding and its Impact”, Versión electrónica en <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/19272/9023.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultada el 02 de julio de 2019.

Notimex, “México reducirá las importaciones de maíz para finales de año”, en *Forbes México*, 28 de abril de 2019, en <https://www.forbes.com.mx/mexico-reducira-las-importaciones-de-maiz-para-finales-de-ano/> Consultada el 15 de octubre de 2019.

Nye, Joseph S., *Understanding International Conflicts. An Introduction to Theory and History*, 3 ed., United States, Longman, 2000, 244 p.

Núñez de Castro, Ignacio, *La bioética: un camino para el presente*, Cátedra Eusebio Francisco Kino SJ, Instituto Nacional de estudios superiores de Occidente, México, 2008, 193 p.

Octavio Gómez Dantés, *et. al.*, “Sistema de Salud en México”, en *Salud Pública de México*, [S.l.], V. 53, mar. 2011, Versión electrónica en <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5043/10023> Consultada el 30 de enero de 2020.

Óscar García Correa, “Industria farmacéutica”, PROMÉXICO, Unidad de inteligencia de Negocios, 2015, 15 p. Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76324/111115\\_DS\\_Farmacutico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76324/111115_DS_Farmacutico.pdf) Consultada el 11 de noviembre de 2019.

Óscar Gustavo Retana, “La institucionalización de la investigación científica en México. Breve cronología”, *Ciencias*, no. 94, México, Universidad nacional Autónoma de México: Facultad de Ciencias, abril-junio, pp. 46-51. Versión electrónica en <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/43-revistas/revista-ciencias-94/200-la-institucionalizacion-de-la-investigacion-cientifica-en-mexico-breve-cronologia.html> Consultada el 25 de septiembre de 2018.

Páez, Ricardo, *Pautas bioéticas. La industria farmacéutica entre la ciencia y el mercado*, México, Fondo de Cultura Económica, Universidad nacional Autónoma de México, 2015, 340 p.

Palazón Mayoral, María Rosa, *Filosofía de la Historia*, España, Universidad Nacional Autónoma de México-Universitat Autònoma de Barcelona, 1990, 209 p.

*Panorama actual de la industria biotecnológica en México*, México, PROMEXICO Inversión y Comercio: Unidad de Inteligencia de Negocios, 2017, 80 p. <http://www.ethic.com.mx/docs/estudios/Panorama-Biotecnologia-Mexico.pdf> Consultada el 17 de junio de 2020.

“Panorama internacional del maíz”, Secretaría de Desarrollo Social, Agencia de Servicios a la Comercialización y desarrollo de Mercados Agropecuarios, Centro de Información de Mercados Agropecuarios, 24 de septiembre de 2019, en [https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/mi/2019/Mercados\\_internacionales\\_maiz\\_240919.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/mi/2019/Mercados_internacionales_maiz_240919.pdf) Consultada el 16 de octubre de 2019.

Patrick A. Stewart and William P. MxLean, “Public opinión toward the first, second and third generations of plant biotechnology”, in *Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*, 41: 718-724, November-December 2005, Versión electrónica en <https://www.jstor.org/stable/4293924> Consultada el 25 de abril de 2019.

Pável Luna Espinosa, "México necesita escuelas. El Programa Federal de Construcción de Escuelas (1944-1964)", Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia, Directora de tesis: Dra. Lourdes Alvarado, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía y Letras (Trabajo en elaboración).

Pérez-Fernández, *et. al.*, “La producción de bioetanol y su impacto en el precio de productos agrícolas en México”, en <http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/995/1/-977-887-A.pdf> Consultada el 28 de octubre d 2019.

Pérez Ransanz, Ana Rsoa, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 2012, 274 p.

Pérez Tamayo, Ruy, *Ciencia, ética y sociedad*, México, El Colegio Nacional, 1991, 143 p.

Pestre, Dominique, *Ciencia, dinero y política*, Trad. De Ricardo Figueroa, Argentina, Ediciones Nueva Visión, 2003, 113 p.

“Piden a Conacyt que restituya a la biotecnología en el reglamento del SNI. Expresidentes de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería enviaron una carta dirigida a María Elena Álvarez-Buylla, titular del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”, *El Universal*, Ciencia y Salud, México, 25 de septiembre de 2020. Versión electrónica en <https://www.eluniversal.com.mx/ciencia-y-salud/tecnologia/piden-conacyt-que-restituya-la-biotecnologia-en-el-reglamento-del-sni#:~:text=Conacyt%20deja%20fuera%20la%20biotecnolog%C3%ADa%20en%20reglamento%20del%20SNI&text=La%20eliminaci%C3%B3n%20de%20la%20Biotecnolog%C3%ADa,21%20de%20septiembre%20de%202020> Consultada el 26 de septiembre de 2020.

“Piden científicos a López Obrador y a CONCAYT frenar recortes a centros de investigación”, en México, *La Jornada Aguascalientes*, 27 de febrero de 2019. Versión en línea en <https://www.lja.mx/2019/02/piden-cientificos-a-lopez-obrador-y-a-conacyt-frenar-recortes-a-centros-de-investigacion/> Consultada el 18 de mayo de 2019.

"Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo Mexicano", Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B\\_sico-Ma\\_z\\_Grano\\_Blanco\\_y\\_Amarillo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf) Consultada el 15 de octubre de 2019.

“Población rural y urbana”, en [http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P) Consultado el 11 de septiembre de 2019.

“Por qué México no puede solo con su producción de maíz”, en *ALTO NIVEL. Eleva tu poder de decisión*, en <https://www.altonivel.com.mx/empresas/por-que-mexico-no-puede-solo-con-su-produccion-de-maiz/> Consultada el 15 de octubre de 2019.

Porrúa Pérez, Francisco, *Teoría del Estado –Teoría Política-*, 40 ed., México, Porrúa, 2012, 531 p.

“Posicionamiento al recorte al presupuesto de Ciencia, Tecnología e Innovación 2019, en <https://www.rednacecyt.org/noticias/2018/12/18/pronunciamento-de-la-rednacecyt-sobre-el-recorte-al-presupuesto-de-ciencia-tecnologa-e-innovacin-2019> Consultada el 18 de mayo de 2019.

Primer plano, México, Instituto Politécnico Nacional, Transmisión correspondiente al 09 de septiembre de 2019, en <https://www.youtube.com/watch?v=7dF660CbW5I>, Consultado el 10 de septiembre de 2019.

Programa de Maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad, auspiciado por la Universidad Veracruzana. Vid., <https://www.uv.mx/mets/> Consultada el 10 de abril de 2019.

Programa Universitario de Bioética, <https://www.bioetica.unam.mx/nosotros#valores> Consultada el 16 de mayo de 2019.

*Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Informe de la Delegación de México sobre la segunda reunión del Comité Intergubernamental del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología,. Nairobi, Kenia, del 1 al 5 de octubre del 2001*, México, Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados CIBIOGEM, 2001, 55 p.

*Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2011, 16 p. Versión electrónica en <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf> Consultada el 24 de agosto de 2020.

Protocolos del Convenio de Diversidad Biológica, en <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolos-del-cdb> Consultada el 10 de junio de 2020.

“Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-000-SAGARPA/SEMARNAT-2015”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 3 de enero de 2017. Versión electrónica en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5468449&fecha=03/01/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5468449&fecha=03/01/2017) Consultada el 06 de octubre de 2018.

Pursell, Carroll, (Editor), *Technology in America. A History of Individuals and Ideas*, 2 ed., United States, The Massachusetts Institute of Technology, 1990, 319 p.

“¿Qué es el Servicio de Información Agroalimentaria (SIAP)?”, en <https://blogagricultura.com/siap-sagarpa-mexico/> Consultada el 15 de octubre de 2019.

“¿Qué es mejor: el maíz blanco o el amarillo?”, *INFORRURAL*, 17 noviembre, 2017, en <https://www.inforural.com.mx/que-es-mejor-el-maiz-blanco-o-el-amarillo/> Consultada el 12 de diciembre de 2019.

Quing Tang, *et. al.*, “Developing a Synthetic Biology Toolkit for *Comamonas testosteroni*, an Emerging Cellular Chassis for Bioremediation”, en *ACS Synthetic Biology* 2018 7 (7), 1753-1762, DOI: 10.1021/acssynbio.7b00430. Versión en línea

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acssynbio.7b00430>, consultada el 20 de marzo de 2019.

Randy H. Adams Schroeder, et. al., “Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el trópico mexicano”, en *Terra Latinoamericana*, México, Vol. 17, núm. 2, abril-junio 1999, pp. 159-174. Versión electrónica en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317209.pdf> Consultada el 28 de octubre de 2019.

Raúl Contreras, “Ciencia y tecnología clave del desarrollo”, en *Excelsior*, México, 16 de febrero de 2019. Versión en línea en <https://www.excelsior.com.mx/opinion/raul-contreras-bustamante/ciencia-y-tecnologia-clave-del-desarrollo/1296782> Consultada el 18 de mayo de 2019.

Red ETNOECOLOGIA y patrimonio biocultural de México, [http://etnoecologia.uv.mx/Red\\_Paginaprincipal.html](http://etnoecologia.uv.mx/Red_Paginaprincipal.html), Consultada el 15 de agosto de 2019.

“Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 9 de agosto de 1999, Texto vigente. Última reforma publicada el 12 de febrero de 2016, Versión electrónica en <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Reglamentos/prodyser060409.pdf> Consultada el 25 de agosto 2018.

“Reglamento de Insumos para la Salud”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 4 de febrero de 1998. Última reforma publicada el 14 de marzo de 2014, Versión electrónica en <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Reglamentos/rtoinsumos.pdf> Consultada el 25 de agosto 2018.

“Reglamento de Insumos para la Salud”, Versión electrónica en <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/ris.html> Consultada el 29 de enero de 2020.

“Reglamento de la Ley General de Sanidad Vegetal”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 15 de julio de 2016, Versión electrónica en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5444943&fecha=15/07/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5444943&fecha=15/07/2016) Consultada el 24 de agosto de 2018.

“Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 30 de mayo de 2000, Texto vigente. Última reforma publicada el 31 de octubre de 2014, Versión electrónica en [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1155/1/reglamento\\_de\\_la\\_lgeepa\\_en\\_materia\\_de\\_evaluacion\\_del\\_impacto\\_ambiental.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1155/1/reglamento_de_la_lgeepa_en_materia_de_evaluacion_del_impacto_ambiental.pdf) Consultada el 25 de agosto 2018.

“Reglamento de la Ley de Bioseguridad en Organismos Genéticamente Modificados. Nuevo Reglamento”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 19 de marzo de 2008, Texto

vigente. Última reforma publicada el 6 de marzo de 2009, Versión electrónica en <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Reglamentos/ogms190308.pdf> Consultada el 25 de agosto de 2018.

“Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 6 de enero de 1987. Última reforma publicada el 2 de abril de 2014, Versión electrónica en <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Reglamentos/investigsalud060187.pdf> Consultada el 25 de agosto de 2018.

“Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Publicidad. Nuevo Reglamento”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 4 de mayo de 2000, Texto vigente. Última reforma publicada el 14 de febrero de 2014. Versión electrónica en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MP.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MP.pdf) Consultada el 25 de agosto 2018.

“Regulación de Medicamentos Biotecnológicos en México”, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, en [https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi\\_encuentro/Ponencias/Mexico\\_Biosimilares\\_AHernandez.pdf](https://www.redeami.net/docs/docs/encuentros/xi_encuentro/Ponencias/Mexico_Biosimilares_AHernandez.pdf) Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“Reporte de aguas de tratamiento de aguas residuales. Ciudad de México. 2015”, en <https://sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/RPTAR%202015%20OP%202.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

“Reporte de inteligencia Tecnológica. Bioetanol 2017”, Secretaría de Energía: Instituto Mexicano del Petróleo, 100 p., en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296708/IT\\_Bioetanol\\_01022018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/296708/IT_Bioetanol_01022018.pdf) Consultada el 28 de octubre de 2019.

"Reporte del mercado de maíz. Agosto 2019", Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, Centro de Información de Mercados Agropecuarios, 18 p., en <https://docplayer.es/153629699-Reporte-del-mercado-de-maiz-agosto-2019.html> Consultada el 16 de octubre de 2019.

Rescher, Nicolas, *La lucha de los sistemas*, Trad. Adolfo García de la Sierra, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 1995, 387 p.

Rifkin, Jeremy, *El siglo de la biotecnología. El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*, Trad. Juan Pedro Campos, España, Paidós, 2009, 383 p.

Roitman Rosenmann, Marcos, *La sociología: del estudio de la realidad social al análisis de sistemas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Centro de

Investigaciones interdisciplinarias en ciencias y Humanidades, 1998, 39 p. Versión electrónica en [http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/La\\_sociologia\\_del\\_estudio\\_de\\_la\\_realidad\\_social\\_al\\_analisis.pdf](http://computo.ceiich.unam.mx/webceiich/docs/libro/La_sociologia_del_estudio_de_la_realidad_social_al_analisis.pdf) Consultada el 10 de febrero de 2019.

Rolando Espinosa Morales, *et. al.*, “Medicamentos biocomparables en México; la postura del Colegio Mexicano de Reumatología, 2012” en *Reumatología Clínica*, España, marzo-abril de 2013, pp. 113-116, Versión electrónica en <https://www.reumatologiaclinica.org/es-medicamentos-biocomparables-mexico-postura-del-articulo-S1699258X12002689> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

Ronald Ferrera-Cerrato, *et. al.*, “Procesos de biorremediación en suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos”, *Revista Latinoamericana de Microbiología*, s/p, Asociación Latinoamericana de MICROBIOLOGÍA, Vol. 48, No. 2, abril-junio 2006, pp. 179-187, Versión electrónica en <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062s.pdf> Consultada el 28 de octubre de 2019.

Ruy Pérez Tamayo, “El Estado y la Ciencia en México: pasado, presente y futuro”, en <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2873/17.pdf> Consultada el 26 de septiembre de 2018.

-----, “La Ciencia en México 1978-1998”, en <https://www.nexos.com.mx/?p=87232> Consultada el 25 de septiembre de 2018.

Sandra I. Ramos López y Caridad E. Álvarez, Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, V Simposio Internacional de Estudios Generales, 6-8 de noviembre de 2013, Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras. Red Internacional de Estudios Generales (RIDEG), en <http://www.rideg.org/wp-content/uploads/2014/04/Nuevos-paradigmas-en-los-estudios-transdisciplinarios.pdf> Consultada e 10 de abril de 2019.

Saldaña, Juan José (editor), *Science and cultural diversity: proceedings of the XXIst International Congress of History of Science*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de la Investigación Científica, Sociedad Mexicana de la Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2003: Vol. 1.

Samuel Loewenberg, “The Bayh–Dole Act: A model for promoting research translation?”, en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574789108001555> Consultada el 10 de octubre de 2018.

Sanmartín, José, *Los nuevos redentores. Reflexiones sobre la ingeniería genética, la sociobiología y el mundo feliz que nos prometen*, 3 ed., España, Anthropos, 1992, 207 p.



Santiago Díaz, “El biopoder de la biotecnología o el biotecnopoder. Aportes para una bio(s)ética, en *Ludus Vitais, Revista de Filosofía de las Ciencias de la Vida*, VOL. 19, núm. 36, 2011, Ciudad de México, pp. 193-211.

Sarukhán, José (Coordinador general), *Capital natural de México. Vol. 1. Conocimiento actual de la biodiversidad*, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2008, 620 p. Versión electrónica en <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6456.pdf> Consultada el 03 de junio de 2020.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, “Almacenamiento y conservación de granos y semillas” (S.P.I.). Versión electrónica en <http://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/Almacenamiento-de-semillas.pdf> Consultada el 21 de mayo de 2019.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Normas sobre biorremediación de sitios contaminados”, en [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_SITIOS01\\_04&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_SITIOS01_04&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce) Consultada el 28 de octubre de 2019.

-----, “1 INFORME DE LABORES. MEDIO AMBIENTE”, México, SEMARNAT, 1 de septiembre de 2019, 109 p. Versión electrónica en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489747/1ER\\_INFORME\\_DE\\_LABORES\\_-\\_MEDIO\\_AMBIENTE-.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/489747/1ER_INFORME_DE_LABORES_-_MEDIO_AMBIENTE-.pdf) Consultada el 10 de septiembre de 2019.

“61 Centros de formación biotecnológica en México”, en <https://www.educaedu.com.mx/centros/biotecnologia> Consultada el 17 de junio de 2020.

Sheila Sánchez Fermín, “El campo mexicano. Listo para crecer con el biocombustible”, en <https://expansion.mx/empresas/2018/04/26/el-campo-mexicano-listo-para-crecer-con-el-biocombustible> Consultada el 28 de octubre de 2019.

“Situación actual del mercado del maíz (I)”, en *El Economista*, 24 de septiembre de 2018, Versión electrónica en <https://www.economista.com.mx/opinion/Situacion-actual-del-mercado-del-maiz-I-20180924-0084.html> Consultada el 16 de octubre de 2019

“Situación actual del mercado del maíz (II)”, en *El Economista*, 25 de septiembre de 2018, Versión electrónica en <https://www.economista.com.mx/opinion/Situacion-actual-del-mercado-del-maiz-II-20180925-0124.html> Consultada el 16 de octubre de 2019.

“Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012”, México, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, 2006, 208 p. Versión electrónica en [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/Comercio Exterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/Comercio Exterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf) Consultada el 16 de octubre de 2019.

*Situación del sector farmacéutico en México*, México, Cámara de diputados LXI Legislatura, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, Comité de Competitividad, 2010, 284 p. Versión electrónica en [http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/257252/766357/file/Situacion\\_de\\_l\\_sector\\_farmaceutico\\_en\\_Mexico.pdf](http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/257252/766357/file/Situacion_de_l_sector_farmaceutico_en_Mexico.pdf) Consultada el 5 de noviembre de 2019.

Smith, John E. *Biotecnología*, Trad. Fernando Escrivá Pons, *et. al.* España, Acriba, 2006, 267 p.

“Sobre la declaración política de Cobertura Universal de Salud en la Asamblea General de la ONU”, Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica, A.C., 24 de septiembre de 2019, en <https://amiif.org/2019/09/24/sobre-la-declaracion-politica-de-cobertura-universal-de-salud-de-la-asamblea-general-de-la-onu/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

“Son los medicamentos biocomparables un área de oportunidad para los laboratorios mexicanos.”, Seminario de Helgi Jung Cook, Departamento de Farmacia”, Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México, 09 de junio de 2017, en <https://quimica.unam.mx/medicamentos-biocomparables/> Consultada el 05 de noviembre de 2019.

Stven Shapin, “The Virtue of Scientific Thinking” en *Boston Review. A political and literary Forum*, January 20, 2015. Versión electrónica en <http://bostonreview.net/steven-shapin-scientism-virtue> Consultada el 10 de diciembre de 2019.

Steven Zahniser, *et. al.*, “The Growing Corn Economies of Mexico and the United States”, en *Economics Report Service*, United States Department of Agriculture, United States, FDS-19F-01, July 2019, iii+48 p., en <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/93542/ocs-19f-02.pdf?v=9932.1> Consultada el 16 de octubre de 2019.

Susana González G., “Incrementan importaciones de maíz en México”, en <https://www.jornada.com.mx/ultimas/economia/2018/06/21/incrementan-importaciones-de-maiz-en-mexico-4833.html> Consultada el 15 de octubre, 2019.

“The arbitration game”, *The economist*, 14 de octubre, 2014. Versión electrónica en [www.economist.com](http://www.economist.com); citada en [https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state\\_dispute\\_settlement](https://en.wikipedia.org/wiki/Investor-state_dispute_settlement) Consultada el 16 de noviembre de 2018.

*The Precautary Principle*, World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge, and Technology, MArch 2005, 52 p. Versión electrónica en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139578> Consultada el 17 de agosto de 2020.

“Titular de la SEMARNAT expuso ante diputados la política ambiental del nuevo gobierno”, en <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/titular-de-semarnat-expuso-ante-diputados-la-politica-ambiental-del-nuevo-gobierno-216161> Consultada el 10 de septiembre de 2019.

“Tratamiento de aguas residuales en México. 2013”, en [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_en\\_Mexico2013.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Tratamiento_de_aguas_residuales_en_Mexico2013.pdf) Consultada el 04 de noviembre de 2019.

“Una bacteria que se “come” el petróleo”, *El Comercio.com*, en <https://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/planeta-19-de-octubre/Bacteria-alimentacio-petroleo-contaminacion> Consultada el 07 de febrero 2020.

“Una mirada al interior del Instituto de Biotecnología de la UNAM”, en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-01732016000200201](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-01732016000200201) Consultada el 17 de junio de 2020.

Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, Vid., <https://www.uccs.mx/> Consultada el 22 de mayo de 2019.

Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de Humanidades, *La sociedad mexicana frente al tercer milenio*, México, Miguel Ángel Porrúa, 2001, Vol. 2, 570 p.

Urquiza García, J. Humberto, *Vivir para conservar. Tres momentos del pensamiento ambiental mexicano. Antología*, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Coordinación de Humanidades, 2018, 381 p.

Valente Villamil, “Avalan siembra experimental de maíz transgénico”, *EL Financiero*, México, 9 de marzo de 2016 Versión electrónica en <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/avalan-siembra-experimental-de-maiz-transgenico> Consultada el 25 de marzo de 2021.

Velázquez Arellano, Antonio, (Coordinador), *Lo que somos y el genoma humano. Desvelando nuestra identidad*, México, Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, 156 p.

Víctor Climent Sanjuán, “Sociedad del riesgo: producción y sostenibilidad”, *Pappers* No. 82, 2006: pp. 121-140, Versión electrónica en <https://ddd.uab.cat/pub/papers/02102862n82/02102862n82p121.pdf> Consultada el 15 de noviembre de 2018.

Villoro, Luis, *Los retos de la sociedad por venir*, 2 ed., México, Fondo de Cultura Económica, 2013, 226 p.

Violeta Anguiano, *et. al.*, “Sistemas aerobios y anaerobios”, Instituto Tecnológico de Tijuana, febrero de 2012, en <https://es.slideshare.net/CesarRenteria2/sistemas-aerobios-y-anaerobios> Consultada el 22 de febrero de 2020.

Virginia Lahera Ramón, “Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales”, *Quivera*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, Vol. 12, núm 2, 2010, pp. 58-69, Versión electrónica en <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf> Consultada el 04 de noviembre de 2019.

Williamson, Timothy, *La filosofía de la filosofía*, Trad. Miguel Ángel Fernández Vargas, México, Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2016, 435 p.

"Wilphen Vázquez Ruiz, “Con-ciencia”, en <https://elpresentedelpasado.com/2018/09/03/con-ciencia/> Consultada el 09 de noviembre de 2018.

-----, “(Des)madre tierra”, disponible en <https://elpresentedelpasado.com/2019/04/22/desmadre-tierra/> Consultada el 22 de abril de 2019.

-----, “La ciencia de este mundo”, en <https://elpresentedelpasado.com/2017/05/01/la-ciencia-de-este-mundo/> Consultada el 9 de noviembre de 2018.

-----, “La genética humana en México. El papel de las agrupaciones científicas y las instituciones públicas”, Tesis de Maestría en Historia, Asesora: Ana Cecilia Rodríguez de Romo, Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Filosofía y Letras, 2006, 187 p.

-----, “¿Qué tan meritocrática es la ciencia?”, en <https://elpresentedelpasado.com/2013/08/03/que-tan-meritocraticas-son-las-comunidades-cientificas/> Consultada el 9 de noviembre de 2018.