



## CAPÍTULO 9

### CIENCIA GLOBAL, EL MAÍZ MEXICANO Y EL NEOLIBERALISMO MOLECULAR: CAMBIANDO LOS FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA, INNOVACIÓN Y POLÍTICAS PARA UNA ALIMENTACIÓN Y UNA AGRICULTURA SOSTENIBLES\*

△

*Brian Wynne*

#### **Introducción**

A mediados del siglo xx, la revolución verde incrementó la productividad agrícola global y se convirtió en el ejemplo más célebre de la presunta capacidad milagrosa de las ciencias modernas al desarrollar las “semillas milagrosas” que salvarían a la humanidad del hambre. En los años 40, el agrónomo Norman Borlaug y la Fundación Rockefeller la introdujeron en México y, durante los siguientes 25 años, acabó por globalizarse. Eventualmente logró transformar el semblante de la agricultura global y, en general, a la sociedad de gran parte de Latinoamérica y Asia. Sin embargo, como sucede con toda tecnología, ciertas condiciones sociales, económicas —y biológicas— eran requeridas para que pudiera existir como una tecnología exitosa y productiva. Pero éstas no eran condiciones naturales, ni tampoco fueron examinadas y debatidas como temas sociales (y políticos). No solamente es necesario examinar de manera realista sus reivindicaciones “milagrosas”, sino también las condiciones que requerirían estas si se pretendiera cumplir sólo parcialmente con ellas. Para el advenimiento de semillas

\* Traducción: Katya Frank Hoeflich

híbridas de alto rendimiento, científicamente aprobadas y con tecnología agrícola de punta, se necesitan condiciones iniciales específicas en lo que concierne a las sustancias químicas sintéticas, a la energía y al endeudamiento de los agricultores. Sin todo esto, se hubiera fracasado desde el inicio, y, si no hubieran existido ciertas condiciones y cambios sociales, este proyecto tampoco podría haber continuado. Esta ciencia no era neutral, a pesar de que sus metas suponían un enfoque humanitario genuino y estaban de acuerdo con los objetivos políticos anticomunistas de los Estados Unidos, quienes impulsaron enormes inversiones con intereses políticos y económicos determinados en países como México y, más tarde India.

Desde que en 1970 los milagros científicos de la revolución verde alcanzaron su cúspide mundial, cuando empezaron a disminuir los beneficios en la producción, los enfrentamientos entre el uso de la genética moderna en el desarrollo de biotecnologías agrícolas intensivas (organismos genéticamente modificados u OGMS) y los agricultores tradicionales llevan ya dos décadas y se incrementan en todo el mundo. Al igual que su predecesora, la llamaron la cruzada de la razón científica y de la generosidad en contra de la superstición y la ignorancia, de las ineficaces agriculturas tradicionales. Después de casi 30 años de hegemonía internacional y del desplazamiento de alternativas científicas de investigación y desarrollo (R&D, por sus siglas en inglés) además de trayectorias de innovación polémicas, el éxito limitado de la "revolución" GM solamente se ha logrado bajo condiciones biológicas y socioeconómicas particulares. Lo que denominan "la ciencia contra la ignorancia" se describiría de una forma más precisa como "cultura instrumental reduccionista con visión periférica restringida contra la cultura práctica integradora de la complejidad".

La ciencia involucrada en la revolución GM, considerada de manera tradicional, incluso por sus autoridades reguladoras, como una caja-negra regalo de la naturaleza que no es posible cuestionar porque únicamente la naturaleza ha determinado su forma, necesita abrirse y examinarse a partir de los presupuestos culturales-normativos y contingentes que, en contextos como el de la agricultura global, la soberanía y la justicia alimentaria sostenible, son eminentemente políticos. Al contrario de las poderosas aseveraciones sobre la necesidad científica, las trayectorias hegemónicas de investigación, desarrollo (R&D) e innovación existentes podrían ser distintas. No sólo resulta que aquello que llamamos ciencia es un asunto político y cultural, sino que tam-

bién lo que llamamos tradición basada en la superstición, ignorancia e irracionalidad implica un prolongado conocimiento experimental y empírico, así como la posibilidad de un trabajo conjunto para innovar a través de una ciencia diferente, ilustrada, más justa y sostenible. Los agro-ecosistemas de cooperación orientados a la agrobiodiversidad tradicional han sido reconocidos desde hace tiempo, incluso por los analistas occidentales modernos, *como una cultura innovadora y no como una cultura anquilosada* (RAFI-UNDP, 1994; Hobart, 1993; Leach *et al*, 2010). Pero esta afirmación no se ha tomado en cuenta y ha sido incluso desechada por ciertos organismos científicos de occidente encargados de la política comercial, debido a que representa una forma epistémica y cultural respetuosa de la complejidad, del desarrollo a largo plazo y de la redistribución de propiedades comunales que no es congruente con el engrandecimiento de los poderes económicos privados ni con los intereses que controlan las concentraciones económicas, intereses que han entretejido las actuales culturas científicas e instrumentales de occidente que han entreverado la injusticia y la no-sostenibilidad dentro del tejido de sus propias estructuras epistémicas e institucionales.

En este capítulo intentaré ampliar el contexto para comprender más claramente la importancia que tiene la agricultura mexicana como un campo de batalla global; hablaré sobre los OGMS, sobre maíz y sobre la economía política del conocimiento y la innovación agrícolas a nivel local y mundial. Primero examinaré cómo se han definido las relaciones entre la ciencia y la tradición, en lo que se refiere a la alimentación y la agricultura, en los entornos institucionales tanto políticos como comerciales y científicos incluyendo también a los medios de comunicación. Posteriormente señalaré cómo las ideas modernistas clásicas de la ciencia —explotadas regularmente por promotores de los OGMS— que la conciben como una fuerza icónica del razonamiento, de la transparencia y del bienestar público automático, han sido utilizadas para fomentar la creencia pública y la política de que cualquier forma o trayectoria de innovación científico-tecnológica que sea planteada por la "ciencia", deviene de la naturaleza y, por esto mismo, se encontrará fuera del alcance y las decisiones de los hombres. Este es un mito autocomplaciente. También señalaré cómo la ciencia genómica moderna está invadida por los imaginarios humanos implementados por el comercio de los elementos apropiados (aunque selectivos) de la naturaleza, teniendo como objetivo el control y la manipulación suficiente para obtener el dominio económico-político de los mercados y las cadenas de abaste-

cimiento y utilizando el nombre de la naturaleza y de la ciencia para su propio beneficio. Esta ciencia está, por lo mismo, amordazada y se encuentra determinada por intereses que sirven a un poder comercial y político ilegítimo e injusto, contrario a la innovación agrícola en asuntos globales de sostenibilidad, de accesibilidad universal, de seguridad y de soberanía alimentaria. En estos aspectos, la ciencia no solamente es cultural, sino también política. Y, por esto mismo, debería encontrarse abierta al cambio, tanto en los propósitos y prioridades que conducen el imaginario humano, como en los accionistas que tienen el privilegio de influir en sus cuestiones, agendas, prioridades y, en general, en su cultura epistémica. Las fuerzas existentes que la definen, conforman y controlan de una manera predominante en realidad están estrechando y restringiendo el potencial de la ciencia para el bienestar global de los hombres. De una forma perversa, juegan enfatizando las perspectivas de crisis y potenciales emergencias en la seguridad alimentaria global para hacer más atractivas sus promesas vacías y cortoplacistas de un rescate milagroso a través de remedios tecnológicos.

#### La ciencia como cultura: de los íconos a los instrumentos

El milagroso y aclamado éxito de la Revolución Verde obedeció a una serie de condiciones particulares que debían cumplirse para lograr el incremento esperado de la producción alimentaria. Estas condiciones no sostenibles y bien documentadas incluían: el uso intensivo de químicos sintéticos derivados del petróleo (fertilizantes y pesticidas), inversiones energéticas e insumos de mecanización, la dependencia de los agricultores al abastecimiento externo de semillas y, por lo mismo, la interrupción en el desarrollo de semillas experimentales autóctonas más diversas, el intercambio y la preservación de la riqueza de las culturas y de su conocimiento colectivo sobre las cosechas y las condiciones ambientales, grandes inversiones continuas de capital que ocasionaron deudas bancarias y problemas con agentes financieros, la reorientación de la cultura agrícola para la devolución del capital y acceso a los mercados globales a gran escala y, como consecuencia, la unificación de granjas, el despido laboral y la transformación de granjeros independientes a contratistas industriales sembradores de monocultivos trabajando para directores de corporaciones internacionales de cadenas abastecedoras de alimentos y semillas (Paddock, 1970; Shiva, 1991; Leach *et al.*, 2010;

Waters, 2007). Estas nuevas condiciones sin precedentes también causaron daños biológicos como la degradación del suelo y la generación de resistencia de las plagas, lo cual contribuyó eventualmente a la disminución a gran escala, aunque irregular, de los beneficios en el rendimiento a corto plazo.

Sin embargo, los avances científico-tecnológicos en la ingeniería del ADN recombinante y la modificación genética (GM) en plantas de cultivo ocurridos en los años 70 aparentemente condujeron a una revitalización económico-tecnológica de este paradigma agrícola de alto riesgo y altos costos. Este resurgimiento ocurrió bajo la promesa de obtener rasgos GM producidos científicamente, lo cual lograría la reducción en el aporte de químicos externos— el talón de Aquiles de la Revolución Verde—, la adaptación de los cultivos para la tolerancia a la sequía contra posibles cambios del clima y la producción de beneficios nutricionales para los consumidores, todo ello bajo la promesa de no ocasionar efectos secundarios en el ambiente o riesgos a la salud.

Fue así que el primer milagro científico en la agricultura —las semillas híbridas de la Revolución Verde— ocasionó el pronosticado segundo milagro científico que, esta vez se desarrollaba a nivel genómico: los cultivos GM promocionados de una manera agresiva y moralista por las corporaciones globales y agencias estatales partidarias como un ejemplo de 'ciencia sólida' y de rescate (Larson, 2003). El final de la hambruna y de la inseguridad alimentaria para la humanidad, que era la promesa del milagro científico de las semillas híbridas modernas, no se cumplió, pero, finalmente, llegaría el segundo milagro científico, los cultivos y semillas GM; las nuevas investigaciones científicas se enfocaron en lo que hasta entonces era el inimaginable diseño específico tecno-científico de la composición molecular no-natural: las semillas transgénicas. La presunta gran precisión de esta nueva tecnología (más bien reduccionista, con una manipulación deliberada a nivel molecular y poco precisa en la inserción del ADN transgénico en las semillas GM) significaba un mayor control del poder tecnológico. Todo este enfoque para intervenir el ADN a nivel molecular, como recurso ideado para crear cultivos y cambios supuestamente controlados y predecibles en la agricultura, desde el origen genético hasta los propósitos agrícolas y socioeconómicos, estaba decididamente justificado por el 'dogma central del ADN' dominante en esa época —un gen específico codifica para la producción de una proteína específica, lo que crea una característica a nivel de organismo— y, como se creía entonces, un beneficio agrícola controlado y sin consecuencias

involuntarias e impredecibles. Desde el primer mapeo del genoma humano en 2001, donde se encontraron muchos menos genes de los esperados, el número confirmado (sólo > 20,000, y no > 100,000 esperados) no podía explicar la variedad observada en las características orgánicas de los humanos. Las complejidades epigenómicas y la regulación mutua entre factores genómicos y epigenómicos adquirieron una importancia mucho mayor, y no solamente en la biología humana, sino también para el estudio de las gene-ecologías —cultivos, animales, microbios, etc. El determinismo genético se contradujo rotundamente y, sin embargo, ni éste ni los compromisos dogmáticos previos fueron desacreditados y desechados. La ciencia reguladora de la política ha sido particularmente lenta para enfrentar el hecho de que ella también es una autoridad diseñada e institucionalizada bajo las falacias reduccionistas del dogma central del ADN y su idea de control.

Las realidades de la ecología de genes nos indican que las condiciones de situaciones complejas y no completamente entendidas del propio genoma, de los procesos de transcripción del ARN, de la proteómica y sus vías metabólicas posteriores, pueden afectar de varias formas la función y expresión génica y, por ende, las características orgánicas de los cultivos y de la agricultura en general, especialmente si se toman en cuenta los efectos a más largo plazo. Si esto en verdad fuera reconocido por la ciencia reguladora de la política pública, en lugar de ser ignorado, entonces también este punto clave debería reconocerse como un asunto de política reguladora. La intervención deliberada a niveles más reduccionistas de la vida (ADN-molecular), como la ocasionada por la revolución de los OGM, podría desencadenar una mayor ignorancia biológica de la complejidad, ya que una mayor intervención ha sido iniciada bajo un supuesto implícito de control sobre esas futuras complejidades. Sin embargo, este experimento ha permanecido libre, descontrolado y en secreto respecto a los granjeros y a la sociedad en general quienes, como subordinados, al igual que los cultivos y el medio ambiente, fungen como conejillos de indias experimentales. Además, como estas dimensiones sin control no son admitidas ni por los promotores comerciales ni por las autoridades reguladoras, se delega en los actores subordinados la responsabilidad de los posibles costos presentes y futuros.

Esta situación esencial y “normal” de ignorancia científica (debido a que la ciencia es verificable, provisional y con la posibilidad de autocorregirse, eg Toulmin, 1961; Lacey, 2005) ha sido enérgica y sistemáticamente ignorada, de hecho inclusive rechazada por los promotores

y las autoridades científicas reguladoras en contra de las críticas del público comprometido (Grove-White, *et al*, 1997; Marris, *et al*, 2001). Así por ejemplo, en el 2001 el presidente de la organización científica del Reino Unido para la autorización de la liberación al ambiente de OGM, ACRE (por sus siglas en inglés), fue cuestionado en una reunión pública por un miembro de la Comisión Biotecnológica de Agricultura y Ambiente, AEBC (por sus siglas en inglés) de la siguiente manera:

[AEBC]: ¿Cree que la gente está siendo *razonable* al preocuparse sobre posibles “incógnitas desconocidas” en lo que concierne a las plantas GM?

[ACRE]: ¿Cuáles incógnitas?

[AEBC]: Ese es precisamente el punto. No es posible precisarlas con antelación. Posiblemente pueden surgir sorpresas en los efectos sinérgicos imprevistos, o en las intervenciones sociales no anticipadas. Toda la gente debe seguir adelante en experiencias análogas con otras tecnologías...

[ACRE]: Me temo que es imposible responder a menos que me dé una clara indicación de las incógnitas de las que habla.

[AEBC]: Si ese es el caso, ¿no cree que debería agregar leyendas de advertencias a las asesorías que les da a los ministros, indicando que puede haber “incógnitas desconocidas” a las que no puede referirse?

[ACRE]: No, como científicos debemos ser específicos. No podemos proceder con base en las imaginaciones de frentes delirantes...” (UK AEBC public meeting, London, July 2001)”

La ciencia reguladora oficial de ACRE no puede reconocer, porque son impredecibles y, por definición, no-específicas, las posibilidades de efectos dañinos desconocidos y generados por la liberación al ambiente de OGMS. ¡Solamente los efectos controlados y predecibles son científicamente imaginables! Todo lo demás, la condición de ignorancia aunada a la actitud abierta y temporal de los científicos, que supuestamente son el sello de la ciencia “buena”, están condenados a ser “imaginaciones de algunas frentes delirantes” —es decir, irracionales y supersticiosas. En varios estudios de inquietud pública se encontró que precisamente este dogma oficial científico, una forma de autoridad política de la ciencia similar al fundamentalismo religioso, era el que generaba la desconfianza pública (van Kleef *et al* 2006; Grove-White, *et al*, 1997; Marris, *et al*, 2001; Wynne, 2001). En vez de reconocerlo, explicaron que el recelo a la autoridad científica a favor de la tecnología GM era producto de la ignorancia pública y no una responsabilidad científica, gubernamental o industrial (Wynne, 2006).

Esta relación entre ciencia y sociedad en Europa, tal como se expresa en la práctica a través de la “revolución genómica” que, en el caso de la alimentación y la agricultura, significa genómica de plantas y OGMS —una de las mayores intervenciones culturales de la ciencia en los tiempos modernos— puede caracterizarse como una colonización imperial científico-gubernamental y comercial de la sociedad que ha operado a través de un programa histórico moralmente tendencioso en el que aquella intervención político-económica y científica se ha visto imbuida de un derecho autocomplaciente a imponer lo que considera mejor para la sociedad, mientras cualquier indecisión científica pública e independiente, cualquier escepticismo u oposición, queda descartado por irracional o inmoral. No fue ésta solamente una intervención histórica políticamente tendenciosa realizada en el nombre de la ciencia, sino que acabó por definir muy selectivamente la genómica de plantas como un recurso para el bienestar público global, como si esta “ciencia” se ocupara exclusivamente de la modificación genética de las plantas de cultivo y no tuviera un uso más amplio constituyéndose así como una genómica de plantas de vanguardia para el mejoramiento de cultivos no transgénicos, tal como es el caso en el uso de la selección asistida por marcadores moleculares para mejorar la rentabilidad y el poder del cultivo tradicional (Collard y MacKill, 2008). Este mismo fundamentalismo político-cultural ha sido identificado como una ofensiva imperialista para conquistar el dogmatismo “tradicional” y la irracionalidad por antropólogos que han reconocido en él la misma táctica ofensiva de “iluminar” a los no ilustrados en un movimiento que, en realidad, fomenta el avance implacable de la ignorancia, utilizando de manera perversa la modernización y el progreso científico (eg, Hobart, 1993).

#### ¿Puede una ciencia particular combatir la ignorancia y el estancamiento?

Si nos desplazamos de Europa, donde la presión científica y comercial por la GM ha fallado y, de hecho, ha inclusive exacerbado la resistencia pública y la del consumidor, hacia el escenario agrícola mundial, se puede constatar que la GM, por lo menos en algunos países, ha progresado significativamente —aunque con un espectro reducido— sólo respecto al glifosato resistente a herbicidas y el Bt resistente a insectos. Estas

aventuras globales con los cultivos GMs<sup>1</sup> han sido disparejas y efímeras y han generado demandas muy polarizadas sobre las consecuencias reales y posibles en términos de beneficios y daños (Stone, 2002, 2011, 2012). A medida que año con año se incrementa la preocupación sobre la seguridad alimentaria global (IAASTD, 2009; FAO, 2009) y tanto las dimensiones a largo plazo como las menos obvias a este respecto han comenzado a obtener una atención constante, la importancia de las formas multifuncionales en la producción agrícola también se ha enfocado con mayor claridad. Estas estrategias de innovación agrícola reflejan una definición menos reduccionista, más equilibrada, a largo plazo y exhaustiva de los roles esenciales de la agricultura (a corto-plazo y con mayor manipulación externa e intensiva) más allá de la productividad alimentaria por hectárea *inmediata* (van der Ploeg y van Dijk, 1995; van Huylbroeck y Dury, 2003; Pretty, 2005; Altieri, 2002; Altieri y Funes-Monzote, *et al*, 2011). Aun así, las formas científicas dominantes de la investigación y desarrollo (R&D) están todavía enfocadas la agricultura intensiva dependiente de los derivados no-sostenibles de los combustibles fósiles.

A pesar de que el reporte de la IAASTD (2009) ha enfocado su atención en la necesidad urgente de reconocer que la agricultura moderna intensiva e industrializada ha ocasionado durante muchos años grandes daños a los sistemas agrícolas sostenibles y a la interacción de estos con las culturas y conocimientos fundamentados en la práctica, la idea equivocada aun no ha debilitado la suposición de que esto era un asunto histórico concerniente a la necesaria modernización del conocimiento y las prácticas irracionales, tradicionales e inviables a través de la ciencia racional. De hecho, este planteamiento puede llegar a arraigarse de una forma más profunda y agresiva porque existen más evidencias basadas en un escrutinio escéptico (RAFI-UNDP, 1994; Pretty, 2005; Altieri, 2002; Heinemann y Quist, *et al*, 2012). Muchos autores

<sup>1</sup> Cada vez existe mayor evidencia sobre fallas en el rendimiento de cultivos de soya GM tolerantes al glifosato en Sudamérica, debidas al desarrollo de resistencia por parte de malezas, adquirida en solo unas cuantas estaciones; esto ha requerido del uso de químicos convencionales prohibidos en los Estados Unidos, como el 2,4-D. Ver Meyer y Cederberg (2010). De manera similar, en Estados Unidos existen reportes de fallas en cultivos Bt resistentes a insectos GM después de unos cuantos ciclos de beneficios en el rendimiento, debido al desarrollo de una resistencia a plagas ocasionada por el sistema de administración requerido por el cultivo GM. Como ejemplo: <http://minnesota.publicradio.org/display/web/2012/08/03/regional/corn-rootworm/>

han demostrado, basados en la evidencia, que los puntos de vista en contra de la Revolución Verde y su sucesora La Revolución GM Verde de la "ciencia" (particular) *versus* "no-ciencia", o "innovación" *versus* "estancamiento" son un delirio grotesco y destructivo. Esta caracterización histórica también ha degradado y devaluado a la ciencia misma, porque ha canalizado y disminuido la flexibilidad y versatilidad de la investigación científica y el potencial del conocimiento hacia vías monolíticas que excluyen y sofocan arbitrariamente el desarrollo de otras vías alternativas para cubrir necesidades públicas globales que no se han explotado. Esto podría verse como un asunto de diseño histórico deliberado y no hay duda de la existencia de fuerzas deliberadas trabajando para restringir y concentrar de una manera selectiva a la ciencia, al desarrollo del conocimiento y a las tecnologías, para consolidar sus intereses. Sin embargo, también podría verse como una lucha asimétrica de reconocimiento y una práctica de la complejidad, es decir, de modestia, frente a las promesas falsamente seductoras que abogan por un control más simple, centralizado y estandarizado, tanto en lo técnico como en lo social.

Harwood (2009), en su análisis de la Revolución Verde en México, que originalmente pretendía asistir a los *pequeños* agricultores de maíz para mejorar el rendimiento sostenible y así poder mantenerse en el negocio como economías y culturas del maíz independientes— muestra —según su opinión y buenas intenciones— que este objetivo se desvió debido a las exigencias prácticas de las nuevas semillas híbridas, es decir, que el sistema agrícola intensivo e industrializado tuvo prioridad. Así lo planteó Harwood:

"A pesar del éxito en conjunto del incremento en la producción de cereales, los programas de la Revolución Verde en los años 50 y 60 fueron frecuentemente criticados porque no lograron sus objetivos de aliviar la hambruna mundial. La mayoría de sus críticos argumentaron que los programas habían producido una tecnología poco apropiada para las necesidades de los pequeños agricultores campesinos. Este artículo explora por qué esta tecnología inadecuada debería haberse desarrollado en los primeros años del Programa Agrícola Mexicano de la Fundación Rockefeller (MAP). Demuestra que algunos oficiales de la Fundación y asesores agrícolas ya tenían experiencia sobre los problemas que enfrentaban los pequeños agricultores en los Estados Unidos y en otros sitios. Asimismo, la preocupación explícita de la Fundación por la pobreza rural no parece haber sido solamente la postura de una organización ansiosa de aparentar

filantropía. Además, en sus inicios, el programa de cultivo de maíz estaba diseñado para las condiciones de la agricultura mexicana. Sin embargo, una vez que el MAP ya estaba funcionando, se hizo evidente que la tarea de proporcionar nuevas variedades y prácticas de cultivo a los pequeños agricultores iba a ser muy difícil. Para lograr un impacto inmediato, el personal del MAP decidió concentrarse en proyectos que fueran aceptados rápidamente. Esto significó hacer a un lado las necesidades de los agricultores campesinos y desarrollar variedades de alto rendimiento adecuadas para granjas comerciales".

De esta manera, la demanda por resultados *inmediatos* fue más importante que las soluciones sostenibles a largo plazo y acordes con la cultura, el conocimiento y las necesidades de los pequeños agricultores. Todos estos requerimientos podrían haber estado científicamente fundamentados y se podría haber establecido otro tipo de relaciones con las partes interesadas y otros puntos de vista sobre la normativa histórica de la finalidad de la ciencia (Toulmin, 1961; Lacey, 2005). Así fue como la Revolución Verde adquirió la estructura particular de una agricultura de alto impacto (y no-sostenible) a expensas de lo que hubiera sido una alternativa de desarrollo de semillas y cultivos innovadores de difusión más lenta y con un mayor rendimiento. Esto último habría ocurrido si la investigación científica se hubiera reorganizado de acuerdo a las condiciones biológicas, económicas, culturales, del suelo y ambientales de los agricultores, incluyendo también sus conocimientos y necesidades. Una investigación realizada en el centro ESRC Cesagen en el Reino Unido ha demostrado que la tecnología de semillas y cultivos, así como la investigación básica de cultivos y plantas, han estado sometidas a las mismas fuerzas comerciales y políticas que exigen a la investigación que los planteamientos científicos propongan respuestas en el menor tiempo posible (Stengel, *et al*, 2009; Kamara, 2009). En 2003<sup>2</sup> un genetista de plantas del Reino Unido declaró en una entrevista que la privatización gubernamental del Instituto Público de Reproducción de Plantas del Reino Unido en 1989 había dejado al laboratorio de las ciencias del cultivo sin un intermediario con la comunidad de criado-

<sup>2</sup> Era un genetista de trigo en el Centro de Investigación de Cultivos John Innes, Norwich UK, fue entrevistado en octubre del 2003 por Brian Wynne y Katrina Stengel, como parte de un proyecto sobre Genómica de Plantas y Cultivos Comerciales en el Centro ESRC sobre los aspectos sociales y económicos de la genómica, en Cesagen, Lancaster University.

res de plantas. Ellos habrían podido proporcionar sus conocimientos y necesidades para la integración y el manejo de la agricultura, así como el retorno a las prácticas antiguas. Y declaró lo siguiente: “se estableció en el laboratorio un cortocircuito en un solo sentido que favoreció a la tecnología GM”. Desde una perspectiva etnográfica antropológica dentro de la propia cultura y del conocimiento práctico de los agricultores, Van der Ploeg (1993) ha expuesto un síndrome similar en los encuentros entre los agricultores de papa andinos y la ciencia moderna del cultivo genético en los laboratorios, impulsada por los razonamientos normativos (artificiales y optimizados por los laboratorios) donde el genotipo determina a los fenotipos, a los ambientes agrícolas correspondientes y hasta las culturas humanas. La simplicidad (y la promesa asociada de poder y rapidez) en el nombre de la “evidencia científica” establece la complejidad y la diversidad de cada situación y la erradica.

El hecho de que la ciencia moderna se ha utilizado con enormes consecuencias para la mayoría de las áreas de la actividad humana, que se ha modelado con una visión normativa y de acuerdo a compromisos que no se perciben como lo que son —elecciones humanas cuestionables y debatibles que podrían ser diferentes, con una mayor demanda por una validez racional— no se ha reconocido, de hecho se ha negado agresivamente cada vez que se ha sugerido. En este capítulo explicaré a grandes rasgos algunos de estos compromisos normativos desconocidos que deberían ser motivo de debates democráticos muy ilustrativos, pero que han sido ocultados (no necesariamente de forma deliberada) como si solamente fueran “lo que la ciencia revela de la naturaleza”, y, por ende, un camino que no depende de la elección humana sino del determinismo independiente de la naturaleza. Esta aseveración profundamente ideológica, conflictiva y falsa sobre la que se funda la agricultura industrial moderna, incluyendo a la agricultura GM, debe desafiarse enérgicamente en aras de una mejor ciencia y una agricultura más sostenible.

Otras personas también han obtenido evidencias y argumentos para desarrollar una visión menos reduccionista —tanto en lo que concierne a la ciencia como a las políticas públicas— sobre la innovación y el conocimiento útil. Esta percepción más amplia y más democrática de la innovación enfocada a la sostenibilidad (Leach, Scoones, y Stirling, 2010) no solamente abarca la innovación agrícola, la investigación y el desarrollo científico, sino también las ciencias sociales en las que es necesario desarrollar criterios políticos complejos sobre eficiencia y productividad y erigirlos como norma.

El avance decidido y unívoco de la alta tecnología industrializada y de la agricultura de alto impacto se ha llevado a cabo en el nombre de la ciencia, la razón y la modernidad, con una doble visión publicitaria que pretende salvar a la humanidad de la superstición y la hambruna. Este programa moralista se basa en la afirmación de que, mientras la ciencia moderna y las trayectorias favorecidas de innovación tecnológica de la ciencia de “altura” son independientes de la cultura, cualquier acción humana incompatible con esta forma de producción industrial es problemática, irracional y poco efectiva debido a sus bases culturales humanas. Para asegurar su actividad, esta ciencia, manejada como una gira agrícola comercial e industrial, se presenta al mundo como una “voz aislada” independiente de la cultura (Haraway, 1997) —objetiva, desinteresada e imparcial para los simples intereses humanos. Cualquier tipo de agricultura no alineada totalmente con esta “ciencia sólida” genéticamente fundamentada, propia de sistemas industrializados para la producción de alimentos y capaz de controlar cabalmente la cadena alimenticia humana es, por definición, irracional, ineficiente y proclive a ser “mejorada” por la ciencia, es decir, por la ciencia genómica selectiva que produce cultivos GM. De la misma suerte, incluso los que solamente cuestionan sin oponerse a esta trayectoria de innovación altamente selectiva y tendenciosa, son considerados como “anti-científicos”. Los alegatos de la ciencia moderna tal como han modelado la tecnología agrícola GM —consistentes en afirmar que se trata de leyes de la naturaleza para el desarrollo de objetivos determinísticos, de ciencia pura que no pretende incorporar los imaginarios y los intereses tácitos de la humanidad— deben ser examinados y revelar sus implicaciones.

Debido a todo esto, he tenido que apartarme un poco del objetivo inmediato de este libro, la inmensa importancia de las culturas mexicanas del maíz, para describir las exigencias falaces de los modernos paradigmas tecnológicos y científicos que han instituido escenarios político-económicos y tecnológicos para cambiar a la agricultura mexicana. Estos reivindican la pureza racional de sus trayectorias de innovación científica y la independencia cultural de sus premisas y compromisos normativos —que serían muy discutibles si se reconocieran por lo que son. La necesidad de estudiar estas demandas desde un punto de vista científico, y no sólo por derecho humano, demuestra que la agricultura y los agricultores han sido rebasados por la visión científico-industrial de la agricultura moderna que los ha arruinado utilizando falsamente la idea de la liberación promovida por la ciencia inocente e informada

que supuestamente traería consigo diversidad, opciones de pluralidad y trayectorias de innovación. Esta ciencia molecular “pura” y “sólida” ha sido de antemano determinada por premisas como la de los propósitos de prioridad social de la ciencia, concretamente el desarrollo de formas de “control” biológico que correspondan con el control de las ganancias comerciales de un puñado de gigantes de agroquímicos globales que controlan la cadena de suministro alimentario y sus recursos clave —las semillas, los conocimientos y el uso de la tierra—. La creación global de los derechos de propiedad intelectual ha sido un factor muy importante para consolidar esta concentración en el control y en la restricción de la innovación agrícola (Heinemann et al, 2013; Mirowski, 2011). Esto requiere de la externalización y la devaluación, como si no fuera de relevancia, de grandes partes de la complejidad biológica, así como de la historia agrícola y cultural, de las persona y de sus familiares. Esto, a su vez, impone consecuencias normativas enormes y problemáticas, hasta posiblemente fatales, aunque efectivamente descartadas, para la agricultura tradicional y sus posibles desarrollos sostenibles a futuro y de seguridad alimentaria global.

En resumen, el punto de vista determinista de que la ciencia simplemente revela y de que no está moldeada ni permeada por la cultura, es una falacia —muy perjudicial cuando se trata de la seguridad y de la soberanía alimentaria global. Este punto de vista consolidado sobre la ciencia neutral e independiente de la cultura nos ciega a las formas mediante las cuales el desarrollo del conocimiento de la ciencia, en especial bajo la revolución genómica y molecular en la que los genetistas tejieron visiones utópicas en los años 70, ha sido restringida y reducida a través de las fuerzas hegemónicas de la economía neoliberal. En lugar de estimular el desarrollo de más vías científicas con una mayor diversidad de innovaciones potenciales para las necesidades públicas, la investigación se ha limitado y restringido y la innovación se ha conducido de una forma selectiva, incluyendo a la biociencias relacionadas con la agricultura. Al mismo tiempo, las agriculturas tradicionales, cuyas largas historias han cultivado, tanto biológica como culturalmente, los recursos del germoplasma de los que depende la seguridad alimentaria global del futuro, y que han desarrollado sistemas resistentes y multi-funcionales para las cosechas, desarrollo, intercambio y conservación de semillas, son erróneamente ignoradas como a-científicas y, por lo tanto, despreciables en cuanto a

su capacidad de devenir en la base potencial de innovación agrícola y desarrollo.

Para poder alcanzar los objetivos generales más ambiciosos de este capítulo, en la siguiente sección proporcionaré un resumen sobre los cambios clave en las relaciones político-económicas de las ciencias biológicas en décadas recientes —cambios que han reestructurado su relación con la política y ampliado su esfera pública; aunque también han influenciado su cultura intelectual de manera correspondiente y crucial. Estas transformaciones todavía no son completas, ni claramente comprendidas; existe una necesidad profunda y urgente de discutir las para explotar la versatilidad intrínseca del conocimiento científico como un recurso potencial del bienestar humano global.

### Algunos cambios clave en las biociencias: los últimos veinticinco años y más

En la Tabla 1 se resumen algunos cambios claves en los últimos treinta años de la ciencia moderna que no se han contemplado ni en la políticas públicas ni en las políticas de desarrollo:

Tabla 1: algunos cambios en la ciencia a finales del siglo XX

- Se representa como interventora (*teco*-ciencia) – Hacking, 1983; Rheinberger, 1997 (sombras de Francis Bacon, 1587<sup>3</sup>). La curiosidad básica está subordinada de forma más sistemática a la visión tecnológica, al diseño y a la investigación y el desarrollo.
- Revolución Neoliberal (global), el conocimiento científico como un factor clave de la producción económica/extracción del valor financiero (Mirowski, 2011).
- “Industrialización” de las ciencias físicas y biológicas: la curiosidad satisface la producción (económica).
- Mercantilización no sólo del conocimiento *material* sino del rendimiento *prometido*
  - Economía de las promesas...materialización de la imaginación, incluyendo necesidades sociales imaginadas selectivamente y beneficios. La ciencia (genómica) como agente clave (eg Fortun, 2009).
  - Culturas comerciales interiorizadas hacia la ciencia (“epistémica extractiva”...).

<sup>3</sup> Esta nota histórica enfatiza que los cambios a los que me refiero no son enteramente nuevos; sin embargo sí constituyen una nueva e importante intensificación e incremento de fuerzas en la ciencia de finales y posteriores al siglo XX, y que éstas siempre la han remodelado, aunque nunca antes de una forma tan sistemática y significativa.

Tabla 1: (continuación)

- Los derechos de propiedad intelectual de la cultura dominan la investigación, no sólo en sus usos, sino también en la elección y la dirección de la investigación y el desarrollo, y, debido a ello, también en la imposición de trayectorias socio-económicas.
- Modo-2... (usuarios de políticas públicas e industriales, inversionistas, creadores de instrumentos, indígenas, incluso sociólogos como actores del conocimiento; Gibbons *et al.*, 1994)
- Organización instrumental de gran tecnología para la investigación - "creación de plataformas"; "post-disciplinariedad"; productividad de datos *per se* se convierten en los criterios fundamentales de la buena ciencia?
- La primacía de la precisión molecular como ciencia superior, como si esto igualara al control sistémico y al entendimiento.
- Internalización de la autoridad pública del "estado de emergencia" de la ciencia. Déficit público como explicación del disenso.<sup>4</sup>

Vale la pena comentar el fracaso rotundo respecto a diferenciar entre la ciencia pura y la ciencia aplicada como un medio de entendimiento de las complejas realidades que siempre han predominado en la relación ciencia-sociedad. Así pues, la declaración histórica de Vannevar Bush (director de la oficina gubernamental estadounidense para la investigación científica) dirigida en julio de 1945 al presidente Eisenhower y titulada "La ciencia: el horizonte infinito", declaración que, desde entonces, ha funcionado como inspiración para las políticas públicas en torno a ciencia de los Estados Unidos y nacionales, combinaba libremente las admoniciones de la ciencia pura con el requisito auto-contradictorio de que esta ciencia supuestamente autárquica y completamente libre, se dedicara a fines tecnológicos bien definidos. Este razonamiento proviene de una declaración hecha por Francis Bacon en el siglo XVI en el *Novum Organum* de 1587, ampliamente acreditada como la inspiración de la revolución científica (Libro 1, aforismo 2): "Ahora estas dos direcciones —una activa, la otra contemplativa— son una y la misma cosa; y lo que es más útil en el funcionamiento, en el conocimiento es más verídico".<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Aquí no hay espacio para explicar esta dimensión. Los interesados pueden consultar a Wynne, 2006; Welsh y Wynne, 2013.

<sup>5</sup> Hacking (1983) describió las profundas dependencias antiguas de los logros científicos representativos, por medio de intervenciones en esa misma naturaleza que es representada objetivamente.

El reporte Bush empieza con estas refinadas palabras:

"Desde un punto de vista amplio, el progreso científico es el resultado del "juego libre" de "intelectos libres" que trabajan en temas de su propia elección, como se los dicta su curiosidad por el estudio de lo desconocido. Debe preservarse la libertad de la investigación bajo cualquier plan gubernamental de apoyo a la ciencia"

Pero inmediatamente articula las prioridades nacionales que esta investigación científica "libre" debía perseguir: la supremacía militar, que pronto ascendería al amenazante Armageddon de la guerra fría, en defensa de la libertad en contra del comunismo; "la guerra contra las enfermedades" (que en 1970 Nixon transformó en "la guerra contra el cáncer"), entre otro tipo de comodidades materiales reiteradas para unos ciudadanos concebidos como consumidores. Esta serie de prioridades fueron diseñadas para aplicarse en el seno de los baluartes de la ciencia pura, las universidades, no solamente para llevarse a cabo en los laboratorios y otros centros de investigación del gobierno que recibirían fondos gubernamentales para ello. Esto, por supuesto, parecía ser una ciencia un tanto diferente a aquella descrita como "el "juego libre" de "intelectos libres" que trabajan en temas de su propia elección, como se los dicta su curiosidad por el estudio de lo desconocido". Estas contradicciones manifiestas eran ignoradas y, por lo tanto, rechazadas; y esto es lo que sigue sucediendo hasta el día de hoy.

Bush articuló lo que se ha convertido en la versión estándar de la pureza de la ciencia en relación a sus necesidades y objetivos aplicados:

"Las escuelas, universidades e institutos de investigación públicos y privados son los centros de la investigación básica. Son las fuentes del conocimiento y del entendimiento. Mientras sean vigorosas y saludables y sus científicos tengan la libertad de buscar la verdad dondequiera que ésta los lleve, existirá un flujo de nuevo conocimiento científico para aquellos que puedan aplicarlo a problemas prácticos en el gobierno, en la industria o en cualquier otra parte".

El mantra clásico avala una completa libertad y autonomía para la ciencia "pura" y básica, y solamente a través de este conocimiento-producción científico puro —"dondequiera que éste los lleve"— se imaginarán aplicaciones y se explorarán experimentalmente por medio de la ciencia aplicada pos-básica. No se reconocerá la influencia retro-

activa de usos y aplicaciones imaginados en la concepción, planeación y conducción de la investigación científica pura. De acuerdo con esta visión común, los científicos no serán responsables de la *tecnología y sus consecuencias* —que surgen después de la investigación y son, por lo tanto, responsabilidades de las formas de gobierno de la *sociedad*, no de la ciencia. Tal como han observado los científicos políticos (Ezrahi 1990), en los tiempos modernos la ciencia ha obtenido su legitimidad social precisamente a partir de estas tecnologías generales de producción. Además, como la ciencia pura es curiosidad y la impulsa la mejor calidad científica, los asuntos democráticos sobre prioridades y cuestiones que debe tratar de resolver el trabajo científico no son significativos ni legítimos. Las instrucciones y las agendas de la investigación son responsabilidad de la ciencia y no del gobierno o de la sociedad civil. De hecho, la mezcla que hace Bush entre la libertad de la ciencia y las orientaciones normativas vigorosamente explícitas para sus aplicaciones sociales fue una aceptación tácita de la extrema porosidad de esta frontera. Sin embargo, la naturaleza de esta porosidad y el intento de rechazarla en su versión convencional requiere de más explicaciones.

En este esfuerzo clásico por marcar fronteras en el que se pretende aislar a la ciencia básica impulsada por la curiosidad de la ciencia aplicada, se sugiere que la investigación es ciencia básica o pura porque produce nuevas inferencias científicas de procesos biológicos básicos. Entonces, se sugiere que no puede estar influenciada por compromisos normativos como las aplicaciones de los imaginarios sociales, sus usos y sus beneficios. Ésta es una falsa dicotomía. Los historiadores de la ciencia (eg Edgerton, 2010; Pistorius, 1997) han demostrado cómo se ha conducido la investigación a través de tecnologías de producción imaginadas (como la máquina de vapor del siglo XIX) y esto ha sido una contribución significativa para el entendimiento científico básico (de la termodinámica). Uno podría decir lo mismo sobre los avances en epigenómica y en biología molecular, debidos a la investigación aplicada enfocada en tecnologías como la ingeniería genética de los cultivos. La historiadora de la biología molecular Lily Kay (1993) ha documentado lo que ella llama la calidad “orientada hacia el cumplimiento de una misión” de lo que, desde los años 30 hasta la fecha, se conocía como ciencia pura o básica. El asunto no es si el entendimiento básico es avanzado, sino cuáles son los imaginarios normativos y sociales que están inspirando la combinación de la investigación y del desarrollo básico-aplicado, aún ocultos y abandonados y, por lo mismo, inexpli-

cablemente en desarrollo. Esta confusión de la ciencia como “pura” o básica”, a pesar de estar imbuida de compromisos normativos hacia una imaginada misión social particular, permite que se malinterprete como si estuviese determinada únicamente por la naturaleza, lo que significa que, mientras una trayectoria científica y normativa prevalezca hegemónicamente, las agendas y las trayectorias de innovación alternativas con sus consecuencias sociales ni siquiera se imaginen y mucho menos se reconozca la importancia de explorarlas prácticamente, bajo la etiqueta exclusiva y falsamente neutral de ciencia básica.

Este modelo simple de una distinción clara entre ciencia básica y aplicada solamente asume un flujo unidireccional y un traslado de la investigación para satisfacer la curiosidad en investigación aplicada e innovadora, de tal forma que la ciencia pura pueda ser asumida permaneciendo libre de cualquier tipo de dirección humana. Esto se ha convertido en el mantra casi universal e incondicional de los actores de la política científica. La frontera entre puro y aplicado se toma como si tuviese una connotación clara y absoluta, los financiadores, patrones, usuarios y accionistas con sus ambiciones y deseos no pueden regresar a cruzar la frontera hacia la investigación básica. Debido a que a los mismos investigadores científicos ahora se les exige articular promesas sobre los resultados específicos aplicados y sobre el impacto de sus investigaciones, con el objetivo de conseguir financiamiento para lo que todavía se denomina “investigación básica”, y, además, con el fin de conducir, administrar, echar a andar compañías comerciales y ofrecer consultorías para intereses comerciales comprometidos tecnológicamente, este modelo parece *prima facie* inocente y engañoso.

La versión de Kay sobre una visión normativa de aplicaciones imaginativas que moldean a la biología molecular incluía la convicción científica de que los procesos genético-moleculares determinan todas las propiedades conductuales significativas a nivel fenotípico, es decir, orgánico. La idea de que el ADN tiene un control que va, de manera ascendente, desde el nivel molecular de la organización biológica hasta los niveles orgánicos y ambientales, se ha combinado con la convicción más tardía de la biología molecular del siglo XX que sugiere el control total de la ciencia sobre el ADN a través de la ingeniería de manipulación. Así lo expresó Kay (1993:37):

“Una biología gobernada por la fe en la tecnología y en el poder total de la causalidad ascendente es mucho más susceptible a las estrategias

de control que la ciencia de la causalidad descendente, donde los elementos no pueden ser entendidos si se separan del todo. Hay un sentido seductor del poder en la ideología científica donde las complejidades de los niveles más altos pueden ser totalmente controladas si se domina la simplicidad de los inferiores. El surgimiento de la biología molecular representaba la selección y promoción de un tipo particular de ciencia: una cuya forma y contenido se ajustaba al amplio patrón dominante del saber y el hacer. La visión molecular de la vida era un ajuste óptimo entre la visión tecnocrática de la ingeniería humana y las representaciones de la vida basadas en la intervención tecnológica, una resonancia entre la imaginación científica y la visión social”.

Kay documentó este paradigma de la ingeniería molecular promovido tanto científica como políticamente por Caltech y la Fundación Rockefeller:

“Los compromisos epistémicos subyacentes de la biología molecular sobrevivieron el cambio paradigmático de una base proteica a una base de ADN —y sobrevivieron el cambio de patrocinio (de fundaciones de caridad privadas como la de Rockefeller a financiamiento industrial y público). La premisa de que el *soma* y la *psyche* son esencialmente el resultado de la actividad de macromoléculas genéticamente determinadas y de que estos mecanismos de causalidad ascendente (del gen como molécula, a organismos completos) deberían ser la base fundamental para intervenir en los procesos de vida de orden superior, ha adquirido aun mayor vigor intelectual y legitimidad social al verse reforzada por intereses institucionales y comerciales que controlan los millones de dólares de la Fundación Rockefeller (Kay 1993).

Esto ocurrió en 1993, antes del gran asalto comercial de la agricultura GM en los Estados Unidos, Canadá y otros sitios en 1996. La economía comercial se apoderó de la cultura del reduccionismo de la biología molecular y de la consiguiente erradicación de las agendas científicas y reguladoras de cualquier factor, actor o vida que no correspondieran con este paradigma molecular determinista y reduccionista; apenas empezaba a desarrollarse como un programa global político-económico y tecno-científico. Se arraigaba y se reforzaba por el dogma dominante del papel central del ADN de acuerdo al cual un gen codifica una proteína, y ésta genera una característica orgánica. Las complejidades biológicas no-reduccionistas eran evidentes mucho antes de que se completara el primer borrador del mapa del genoma humano

en 2001, cuando se descubrieron menos genes de los esperados para mantener el dogma central simple de la relación de uno-a-uno gen-proteína, aunque esto se ha incrementado en su alcance, significado y reconocimiento científico desde entonces. Todavía se espera un claro reconocimiento de su existencia por parte de las culturas científicas reguladoras que se establecieron a principios de los años 90 bajo la regla suprema del dogma central, actualmente anticuado.

La tecnología del ADN recombinante de los años 70 no se creó mediante investigación científica básica, sino a través de investigaciones diseñadas fundamentalmente para analizar la producción de intervenciones tecnológicas controladas a nivel genético. Esto dio como resultado una comprensión básica sobre los procesos biológicos a ese nivel, pero fue el subproducto de un procedimiento creado con propósitos más bien tecnológicos y comerciales, y no como fruto del conocimiento libre e impulsado por la curiosidad, tal como el mito dominante de la ciencia autónoma e independiente lo sigue describiendo. La tecnología del ADN recombinante, su desarrollo y las pruebas comerciales utilizadas en ese entonces para los cultivos, la alimentación y los alimentos se comercializó ampliamente (aunque de forma restringida) en los años 90. Todo el desarrollo ambiental y social de esta tecnología, además de la estructuración y el establecimiento de estrategias, agendas y métodos para una evaluación científica de riesgos orientada a la protección, se llevó a cabo antes del reconocimiento tardío (mapeo del genoma humano del 2001) sobre la importancia de la epigenética-epigenómica y de la complejidad de los sistemas biológicos. Esta investigación posterior a la tecnología y a la comercialización demostró que la sabiduría convencional de los métodos de evaluación de riesgos fundamentados en el dogma central en torno a que la relación gen-función es estable, reproducible en condiciones variables y predecible, es una “ciencia poco sólida” para la investigación científica, aunque “sólida” en el caso de los procesos de política pública.

Entonces, ¿cuál es la ciencia adecuada?, y ¿dónde está la ciencia básica? ¿Ocurre antes de su aplicación, como propone el modelo clásico? ¡Para nada! Lo que se denomina ciencia básica inocente, neutral e independiente, ya está imbuida de imaginarios con una ponderación normativa con resultados sociales deseados; aunque estos sean amplios y generales como los descritos por Kay para la biología molecular. En el campo de la biología de proteínas que le precedió y que se fue desarrollando junto a la genómica, Rheinberger (1999) la ha caracterizado de la siguiente manera:

“Con la posibilidad de poder manipular el programa de producción genética de un organismo con componentes modificados o no, un biólogo molecular actuando como un ingeniero está violando el paradigma de trabajo de los bioquímicos y genetistas clásicos. Ya no controla condiciones en un tubo de ensayo donde se analizan las moléculas y las reacciones de un organismo. Todo lo contrario: ...usa el entorno celular como si fuera una incrustación técnica apropiada. El organismo intacto se convierte en un laboratorio. Ya no es la representación extracelular de procesos intracelulares, *i.e.* el entendimiento de la “vida” lo que importa, sino más bien la representación intracelular de un proyecto extracelular, una deliberada “re-escritura” de la vida...esta intervención tiene como objetivo *reprogramar* las acciones moleculares, no sólo interferir con ellas (Rheinberger, 1999, p.25)”.

Así describe él los enfoques tecnológicos de lo que engañosamente se denomina ciencia molecular “básica” en términos similares a los de Kay utiliza, destacando la ampliación posterior de la intervención tecnológica para la reprogramación de funciones biológicas, desde el nivel molecular hasta los niveles de las características orgánicas. En una elaboración ulterior sobre las normativas comerciales a utilizarse en el futuro para impulsar estos programas tecno-científicos, Mack (2004) explica cómo pueden comercializarse exitosamente las interacciones de la complejidad emergente de la epigenómica y la ecología de genes:

“Con un enfoque vertical que caracteriza a la biología de sistemas actualmente – se dedican a los estudios de vías porque el número de vías de desarrollo molecular es más manejable, con 150 como máximo frente a números inmanejables de 30,000 genes y 250,000 proteínas – los investigadores comienzan a nivel fenotípico o al nivel de los eventos de una enfermedad y examinan a fondo las vías funcionales para conocer lo que importa en un desorden específico, porque ese es el fenotipo enfermo que quieren cambiar”.

Al demostrar claramente que esta supuesta investigación molecular básica - “el juego libre de intelectos libres que trabajan en temas de su propia elección, como se los dicta su curiosidad por el estudio de lo desconocido”, tal como Bush describió la ciencia – se moldea selectivamente de acuerdo a propósitos terapéuticos prácticos, y no de acuerdo a la curiosidad ni a la libertad en la exploración, Mack (2004) ha definido los propósitos de impulso social que inspiraron la supuesta libertad en la investigación molecular:

“acelerar el descubrimiento y el desarrollo de fármacos, volverlo más eficiente” y “utilizar la información de los conjuntos de datos dispares para crear modelos computacionales que puedan describir y predecir fenotipos a nivel de célula, tejido u organismo [con el fin de poder ayudar al desarrollo comercial de los fármacos]” —para que “los biólogos de sistemas obtengan resultados tangibles y los muestren a los inversionistas”.

Esta “perforación” de la ciencia molecular ha resonado al unísono con otro tipo de perforación —el petróleo y el gas. El enfoque selectivo sistemático es identificar aquellas vías moleculares que conduzcan a productos comercialmente lucrativos. Podría llamarse, no tecnología extractiva, sino “epistémica extractiva” en cuanto cultura intelectual total de la ciencia. Además sugiere lo que he identificado anteriormente, a saber, la potencial generación de una sistemática ignorancia científica a través de esta cultura de generación del conocimiento, ya que solamente algunas vías particulares son consideradas como sobresalientes, mientras que las demás deben, por lo mismo, ser abandonadas. Bien podría ser que algunas probables fallas biológicas puedan surgir en el futuro como efectos secundarios dañinos y que emerjan precisamente entre estas realidades biológicas desdeñadas. Y sin embargo, nadie asumiría la responsabilidad de cualquier posible falla, porque la “ciencia de vanguardia en boga” no se equivoca. La visión sistemáticamente selectiva de esta ciencia básica y, por lo tanto, sus puntos ciegos sistemáticos, serán suprimidos y se promoverán las innovaciones subsecuentes como provenientes de una ciencia sólida.

Incluso un organismo público de financiamiento de la ciencia, como es el Consejo para la Investigación de la Ciencia Biológica y Biotecnológica del Reino Unido (BBSRC), demuestra el dominio total de los objetivos tecnológicos en la investigación en ciencia básica —lo que el BBSRC ha denominado ambigualmente desde los años 90 “La Base de la Ciencia”. Fue así que, en su publicación del 2003 sobre una visión de los diez años de la biología de sistemas, reconoce, de una manera encomiable, un significativo desconocimiento científico en estos términos (UK BBSRC, 2003):

“Subyacentes a todo nuestro entendimiento sobre biología y biomedicina y a nuestra capacidad de aplicar la biología pos-genómica de forma confiable, están estas dos grandes “incógnitas” reconocidas:

- No se tienen indicios sobre la función de aproximadamente un tercio de los genes de la mayoría de los organismos y de casi todos lo demás sólo existe información limitada. Hasta que no se comprenda a profundidad la función de estos genes, no se entenderán los procesos implicados en la constitución de una célula viviente y mucho menos de un organismo completo.
- Ahora es evidente que los mecanismos mediante los cuales los genes se “prenden” o se “apagan” son mucho más complejos de lo que se había pensado. El entendimiento de la precisión que proporcionan los controles epigenéticos será crucial para el desarrollo de una ingeniería de tejidos eficiente y para la bionanotecnología...”

No se trata de argumentar si los fines sociales previstos de una manera explícita por este tipo de investigación son valiosos o no. Podrían serlo y de una forma impecable. El punto es que los objetivos sociales están limitando la exploración científica que aun se plantea como investigación libre e impulsada por la curiosidad!

Todo este campo combinado de investigación y desarrollo científico dedicado a la creación de riqueza comercial a través de la definición políticamente impuesta de “ciencia para el bienestar público” y, como su contraparte, la autoridad pública que regula su producción a través de un marco estrictamente limitado (también políticamente definido) de evaluación de riesgos científicos, se conoce como cultura racional. Se promueve ansiosamente como la *única cultura racional* de la investigación y el desarrollo, de la innovación y de políticas públicas, a la que ningún planteamiento alternativo serio puede oponerse. Aun así personifica contradicciones descaradas, además de la afirmación ulterior, en el caso de la investigación y el desarrollo de la agricultura genómica, de que se trata de una condición absolutamente esencial en la producción global de alimentos y en la evasión del hambre, no habiendo ninguna otra alternativa imaginable.

En la agricultura global las ciencias alternativas no-reduccionistas que se integran a las condiciones y conocimientos de los agricultores no han recibido reconocimiento como sabiduría pública potencial, han permanecido sin financiamiento y sin desarrollo; mientras que los factores excluidos por la visión sistemáticamente reduccionista de la tecnología GM han sido ignorados y devaluados. Los factores rechazados y abandonados no eran exclusivamente biológicos, como la resistencia a plagas o la degradación del suelo, y las tecno-ciencias aclararon que no eran su responsabilidad, sino de los agricultores. Asimismo, externaliza-

ron la destrucción que esta producción de monocultivos industrializada y de alto rango industrial e intensivo ha ocasionado en las agriculturas desaceleradas, más complejas, basadas en un conocimiento más difuso, más trabajoso, pero también más sostenible y de mayor complejidad biológica de los agricultores.

### Recuperando la complejidad, la razón y la innovación sostenible

Como han demostrado algunos investigadores (der Ploeg, 1993), esta última clase de agricultura de cultivos diversificados, con menor aporte de sustancias químicas externas, mecánicas y de energía, implica tanto o más conocimientos-intensivos que las llamadas ciencias-intensivas para la agricultura industrial. Se trata de una forma de conocimiento diferente, no se reconoce como ciencia porque no está suficientemente orientado al control y al reduccionismo, de tal forma que no parece preciso, siendo la precisión el principio epistémico que define la cultura científica moderna adornada por los imaginarios del mercado comercial. Además, este tipo de conocimiento es menos confiable porque no puede ser controlado como un objeto de propiedad y explotación, menos aún asociado a un propietario particular (una corporación como individuo legal). Este conocimiento holístico se comparte como un recurso cultural colectivo y no se transmite como dogma sino como una cultura colectiva de aprendizaje experimental y empírico que no es mercantilizable y que, de hecho, es completamente insignificante en cuanto propiedad intelectual. Van der Ploeg describe cómo esta cultura epistémica, en su caso la de los agricultores de papas andinas que, al igual que el cultivo del maíz mexicano autóctono, tienen un centro de origen global y una diversidad en su germoplasma que es crucial a largo plazo, contrasta profundamente con la cultura de los mediadores de la industria científica. En el caso del maíz, demuestra que la estrategia es optimizar la construcción genética para una productividad a corto plazo, que se produzca en el laboratorio, tenga mercado y se difunda universalmente, para que posteriormente puedan manipularse las condiciones agrícolas y ambientales mediante fertilizantes y pesticidas químicos, tiempos de exposición, tipos de irrigación, suelos, etc. y así promover la estandarización y el control del ambiente como si fuera un laboratorio universal con condiciones de producción *óptimas*. Estas condiciones requieren de una inversión intensiva, costosa, demandante y muy difícil de alcanzar,

se necesitan esfuerzos extremos para trasladar esta "fantasía" del laboratorio al campo y *¡a todas partes!* Después de unos cuantos años de utilizar esta propuesta científica, prometedora y de control estratégico de la industria, el rendimiento disminuyó drásticamente. En lugar de esta cultura de control, los agricultores indígenas de la papa estaban familiarizados con las diversas condiciones de su localidad y nunca consideraron controlarlas; trabajaron con ellas y desarrollaron diversas variedades de semillas optimizadas de acuerdo a diferentes condiciones locales —micro-clima, agua y suelo, sol y sombra, tendencia de pestes, etc.— y de acuerdo al conocimiento de los resultados obtenidos con las diferentes variedades en diversas condiciones. La optimización resultó ser más compleja y sus ideas sobre productividad reflejaban un entendimiento multivariado aunque modesto.

Van der Ploeg también destacó que este conocimiento cultural localizado expresaba y practicaba una perspectiva de normativa temporal diferente, porque estos agricultores daban por sentado que la producción a largo plazo, compartida y colectiva, además de la combinación de condiciones que la sustentan, son la fuerza promotora, y no la producción a corto plazo y con rendimientos no sostenibles. Parte de esta sostenibilidad a largo plazo tiene un significado cultural instintivo que supone que la capacidad de conocimiento debe ser difundida y extendida colectivamente y no social y humanamente concentrada de una forma que podría implicar la pérdida de esa capacidad de conocimiento en la sociedad en general. Esto contrasta enormemente con la filosofía de las ciencias-intensivas para la agricultura industrial en el caso del maíz de México, ya sean OGMs o híbridos previos, donde la diversidad de las semillas y la agrobiodiversidad están restringidas biológica, cultural y socialmente; donde la distribución colectiva de la capacidad de conocimiento práctico de los agricultores para estas condiciones de sostenibilidad a largo plazo ha sido suprimida por el avance biológico reduccionista y por la miopía de los programas de ciencias-intensivas para la agricultura molecular (orientados al control selectivo). Estas pérdidas biológicas y culturales en las condiciones de sostenibilidad podrían ser reversibles, si existiera el compromiso y el poder para hacerlo, pero esto tendría un costo enorme si se hubiera suprimido por completo tanto la sostenibilidad a largo plazo como las condiciones para el conocimiento.

Los científicos sociales utilizan un término mucho más exhaustivo, "tecnociencia", y no la distinción entre ciencia pura y aplicada, para

reconocer que todas las ciencias, incluyendo la "pura" y la "básica", tienen ambiciones e imaginarios tecnológicos, provisionales y plurales, o más resueltos y directos, difundidos y selectivamente dirigidos, incluso aunque lo nieguen (Kleinman, 2003). En este ambiente existen otros asuntos que la investigación científica básica debería abordar y que ni siquiera se han imaginado o preguntado, mucho menos contestado.

Este modelo sencillo en el que hay una distinción clara entre ciencia básica y aplicada supone un flujo unidireccional y el traslado de la curiosidad "pura" a la investigación e innovación aplicadas, de tal forma que la ciencia pura pueda mantenerse libre de cualquier tipo de orientación humana. Esto se ha convertido en el mantra casi universal e incondicional de los actores científicos y políticos de la ciencia. La frontera entre puro y aplicado es clara y absoluta, sin importar lo que busquen o deseen financiadores, patrocinadores, usuarios y otro tipo de accionistas y, una vez cruzada esta frontera, ya no es posible regresar a la investigación científica básica.

Debido a que ahora se requiere que los investigadores científicos hagan promesas sobre el impacto de sus resultados en una ciencia aplicada específica con el fin de poder conseguir fondos para lo que todavía se llama investigación "básica", además de conducirla, administrarla y echarla a andar a través de compañías comerciales o de especialistas privados comprometidos tecnológicamente con intereses comerciales, este modelo parece *prima facie* inocente y engañoso.

Aquí vale la pena resaltar algunas distinciones entre diferentes formas de ciencia que se confunden gratuitamente, no sólo por los medios de comunicación o los actores políticos, sino por los propios científicos que reivindican su autoridad en la ciencia, y, como provienen de adentro, se presupone falsamente que son los mejores conocedores de su oficio profesional. He insistido en la muy utilizada aunque poco justificada distinción entre ciencia pura (básica) y aplicada. Las diferencias entre lo que yo denomino "ciencia orientada a la producción" y "ciencia orientada a la protección" es muy importante y frecuentemente ignorada. Cuando se hace referencia a la "ciencia" sin calificarla, la idea implícita de conocimiento científico puro y desinteresado abarca a ambos; pero oculta el hecho de que la mayor parte de la investigación científica es concebida, financiada y realizada con un propósito de *producción* —nuevos fármacos para la salud (un imaginario particular) o de nuevos cultivos para la agricultura. Un ejemplo sería la erogación de 1.8 billones de dólares para investigación biotecnológica de 1992 a 2002 por parte del

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Sólo aproximadamente el 1% de este capital se destinó a la protección<sup>6</sup> (Heinemann, Quist, *et al.*, 2013).

### Conclusiones

En este capítulo he esbozado un marco de referencia más amplio sobre el caso particular y muy importante de la agricultura global del maíz mexicano. He enfatizado de una manera específica las relaciones asimétricas de la economía política en lo que se ha vuelto el programa de modernización intensiva de la ciencia para la producción agrícola. Estas relaciones arbitrarias han determinado el conocimiento, la práctica científica y sus vías de innovación, de una manera sustancialmente poderosa, selectiva y exclusiva. Las premisas que impulsan esta visión de transformación agrícola son sumamente problemáticas y requieren retos y revisiones. Las trayectorias de innovación dan una imagen falsa y se practican como si estuvieran científicamente definidas y no elegidas social y políticamente. Este mito abrumador y profundamente normativo de la ciencia está muy bien explicado por Jacques Barzun (1961), en el prólogo del libro de Stephen Toulmin, *Previsión y Entendimiento: una exploración de los objetivos de la ciencia*: "Puede decirse que la sociedad occidental de hoy protege a la ciencia como a un dios extranjero, poderoso y misterioso". Estos devotos misterios ocultan al emperador desnudo de la economía política del neo-imperialismo instigado por la empresa científica y comercial de los cultivos y alimentos GMs impuestos en el mundo. No se trata solamente de una conspiración comercial, científicos influyentes y poderosos actores políticos lo han asimilado y lo reproducen. Tal como Vanloqueren y Baret (2009) lo describieron claramente, este paradigma de innovación científica y agrícola está mutuamente reforzado por otros compromisos institucionales tales como los regímenes de derechos de la propiedad intelectual, el control comercial concentrado del desarrollo, la distribución y mercadotecnia, las

<sup>6</sup> Estas distinciones no pueden manejarse como absolutamente incuestionables, lo que R&D considera como orientado a la protección, algunas veces puede incrementar el entendimiento y la práctica de la protección y viceversa. A pesar de la carencia de precisión, la distinción sigue siendo significativa.

culturas epistémicas que definen la precisión y el control reduccionista sobre el conocimiento holístico y específico para cada situación como una mejor ciencia y los acuerdos globales comerciales y mercantiles que incentivan a la agricultura basada en monocultivos industriales GMs y que subsidian el uso de combustibles fósiles esenciales. Es por esto que las alternativas para opciones de innovación agrícola sostenible se quedan fuera, sin un análisis razonado y una deliberación inclusiva, debido a ventajas arbitrarias que se envuelven bajo un manto de progreso científico y necesidad.

El paradigma molecular, cuando es utilizado de una manera cultural, económica e institucional reduccionistas, lo cual no necesariamente debería ser así, se vuelve parte de estas premisas problemáticas. Las tecnologías ciencia-intensivas de genómica de plantas, así como la selección asistida por marcadores, no se han trabajado ni integrado como debieran, con la ayuda de sistemas tradicionales de cultivo de plantas y desarrollo de semillas autóctonas y con otras condiciones, conocimientos y necesidades de los pequeños agricultores. Esto ha ocurrido porque no son lo suficientemente atractivas para los actores político-económicos dominantes que obtienen mayores beneficios de la concentración y explotación de los derechos de propiedad intelectual que favorecen las diferentes trayectorias moleculares de la innovación GM. Las autoridades de regulación del gobierno en el mundo, no sólo de los países en desarrollo, entre los cuales algunos como México tienen culturas antiguas y fuertes que han mantenido de una forma colectiva al germoplasma y a la diversidad genética, han sido débiles en el requerimiento de estándares apropiados para pruebas científicas abiertas sobre materiales de cultivo corporativos, datos y expedientes, debido quizá a que tienen culturas científicas fuertemente entrelazadas con inversiones de corporaciones privadas en R&D y otros imaginarios de innovación. Han estado poco dispuestos a enfrentar a esos enormes intereses globales y privados de investigación y desarrollo intensivo; al invertir en la agricultura nacional, su R&D intensivo puede verse amenazado por un traslado a otro contexto nacional competitivo. Incluso los sistemas políticos del mundo desarrollado, como es el caso del Reino Unido, se comportan de esta manera.

Sin embargo, aún antes de abrir la cultura científica molecular al análisis de sus flexibilidades inexploradas y redirigirla a la asistencia de otros intereses diferentes a los del mercado global y a los de los actores de los derechos de propiedad intelectual global, existen otros

problemas en la agricultura científica dominante (y su asociación con la economía política reduccionista) que se enmarcan en el contexto del desafío del crecimiento de la seguridad alimentaria global. El primero es que la ciencia, perseguida y apoyada solamente como un factor (concentrado y de restitución a corto plazo) de producción económica, ha definido este desafío en el sentido de incrementar la producción. Como la ciencia ha incrementado su rol no sólo como comunicador político, sino también como justificador de la política pública, por ejemplo en cuestiones de "riesgo" (Wynne, 2006), con el reto alimentario global se vuelve extremadamente difícil fomentar otra perspectiva diferente, que la distribución es justa y no un obstáculo real para los hambrientos del mundo. Además, al contrario de las suposiciones habituales, en el caso del alimento y la agricultura, los sistemas de distribución y producción no son independientes uno del otro. La producción de alimento y la alimentación diseñada para una circulación y un uso local y no para la producción internacional orientada a los mercados va a experimentar menos desperdicio y pérdida, pero también será más accesible para los necesitados. Los sistemas de innovación y producción agrícola multifuncionales y diversificados han introducido una mayor flexibilidad y resistencia frente a cambios impredecibles y probablemente aumentarán el acceso global al alimento. Posiblemente estos sistemas también mantendrán viva la cultura de intercambio y desarrollo del conocimiento colectivo, por sí misma un recurso social clave para una producción y acceso al alimento sostenible.

Así, una ciencia moderada pero efectiva para la seguridad alimentaria global podría ser versátil y diversa, multicultural y cosmopolita, y podría representar un papel importante en las relaciones con nuevas redes de accionistas globalmente diversas a partir de condiciones prácticas desconocidas. Si esta ciencia va a ser reconocida por los guardianes de las ideas predominantes y de los financiadores de los programas para la "ciencia buena", o si se mantendrá demasiado moderada, menos preparada para externar promesas extravagantes de alta tecnología para los retos globales, demasiado abierta a variables y complejidades específicas y muy dispuesta a reconciliar la carencia de controles precisos, es una interrogante de gran interés. Pero podría no ser la más importante. La pregunta más importante sería sobre la cultura experimental reduccionista de mayor éxito en la historia humana; ¿por qué no intentar un experimento histórico nuevo y transformador —con la colaboración esencial de aquellos cuyas largas historias de conocimientos abundantes

sobre el cultivo colectivo del germoplasma y la diversidad genética para una agrobiodiversidad sostenible han sido agresivamente desautorizados, instigados y asistidos por esa misma ciencia reduccionista?

### Referencias

- Altieri, M. (2002), "Agroecology: The Science of Natural Resource Management for Poor Farmers in Marginal Environments", *Agriculture, Ecosystems y Environment*, vol. 93, pp. 91-112.
- Altieri, M, Funes-Monzote, F.R, *et al*, (2011), "Agroecologically Efficient Agricultural Systems for Smallholder Farmers: Contributions to Food Sovereignty", *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 32, no. 1, pp. 1-13.
- Collard, B y MacKill, D, (2008), "Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century", *Phil. Trans. R. Soc. B*, 12 February, vol. 363(1491), pp. 557-572.
- FAO, (2009), UN Food y Agriculture Organisation, *The State of Food Insecurity in the World*, UN FAO, Rome.
- Gibbons, M, Nowotny, H, Scott, P, Limoges, C, (1994), *The New Production of Knowledge*, London and Beverley Hills, CA: Sage.
- Grove-White, R, Wynne, B, Mayer, S, Macnaghten, P (1997), *Uncertain World: UK Publics y GMOs*, Lancaster University, CSEC (<http://www.lancs.ac.uk/users/csec/>).
- Hacking, I. (1983). *Representing y Intervening*, Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Haraway, D (1997), *Modest\_Witness@ Second\_Millennium: FemaleMan\_Meets\_OncoMouse*, New York y London: Routledge.
- Harwood, J. (2009), "Peasant friendly plant breeding y the early years of the Green Revolution in Mexico", *Agricultural History*, Vol. 83 No. 3 pp. 384-410.
- Heinemann, J, Quist, D, Myhr, A, Aslaksen, I, y Funtowicz, S (2012) "Hungry for Innovation in a World of Food: Contrasting Innovation Pathways From Genetically Modified Crops to Agroecology", forthcoming, in D. Gee ed., *Late Lessons From Early Warnings, Vol 2*, European Environment Agency, Copenhagen.
- Hobart, M, ed., (1993), *An Anthropological Critique of Development: the Growth of Ignorance*, London y New York: Routledge.

- IAASTD (2009) International Assessment of Agricultural Science, Technology for Development, Synthesis Report, *Agriculture at a Crossroads*, Washington DC: Island Press, final report released April 2009.
- Kamara, M (2009), "The Typology of the Game That American and Danish Crop and Plant Scientists Play", *Minerva*, vol.47, pp. 1-10.
- Kay, L. (1993), *The Molecular Vision of Life: Caltech, The Rockefeller Foundation, and The New Biology*, New York, Oxford UK: Oxford University Press.
- Kleinman, D. (2003), *Impure Cultures: University biology and the world of commerce*. Madison, WI: University of Wisconsin Press.
- Lacey, H, (2005), *Values and Objectivity in Science: the Current Controversy About GM Crops*, Oxford UK: Lexington Books.
- Larson, A (2003), "Trade and Development Dimensions of US International Biotechnology Policy", *Economic Perspectives*, 2003, vol. 25, pp.1-7. Alan Larson, US Under-Secretary for Business, Economic and Agricultural Affairs. <http://usinfo.state.gov/journals/ites/0903/larson.htm>.
- Leach, M, Scoones, I, y Stirling, A. (2010). *Dynamic Sustainabilities: Technology, Environment, Social Justice*, Oxford, New York, New Delhi: Taylor y Francis.
- Marris, C, Wynne, B, Simmons, P, Weldon, S (2001), *Public Attitudes Towards Agricultural Biotechnologies in Europe: Final Report of FAIR Project*, EU FP6 FAIR Research project, CSEC, Lancaster University (<http://www.lancs.ac.uk/users/csec/>).
- Meyer, C, y Cederberg, C (2010), *Pesticides Use and Glyphosate-resistant Weeds: A Case-study of Brazilian Soybean Production*, SIK Report, #809, Stockholm: Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- Mirowski, P, (2011), *Science-Mart: Privatizing American Science*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2011.
- Paddock, W. C. (1970), "How Green is the Green Revolution?", *Bioscience*, vol. 20(16), pp. 897-902.
- Pengue, W. (2005), "Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt", *Bulletin of Science and Technology*, vol. 25, pp. 314-322.
- Pistorius, R. (1997), *Scientists, Plants, and Politics: A History of the Plant Genetic Resources Movement*, Rome: IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute.
- Pretty, J. (2001), "The Rapid Emergence of Genetic Modification in World Agriculture: Contested Risks and Benefits", *Environmental Conservation*, vol. 28, pp. 248-262.

- Pretty, J. ed., (2005), *The Earthscan Reader in Sustainable Agriculture*, London, Sterling VA: Earthscan.
- RAFI-UNDP (1994), *Conserving Indigenous Knowledge: Integrating Two Systems of Innovation*, Rural Advancement Foundation, commissioned and published by the UN Development Foundation, New York, September 1994. RAFI was later renamed the ETC Group. <http://www.etcgroup.org/content/bioprospectingbiopiracy-y-indigenous-peoples>.
- Stengel, K., J. Taylor, C. Waterton, y B. Wynne. 2009. "'Plant Sciences and the Public Good.'" *Science, Technology, and Human Values* 34 (3): 289-312.
- Stone, G. (2002), "Both Sides Now: Fallacies in the Genetic Modification Wars", *Current Anthropology*, vol. 43(4), August-September, pp.611-630.
- Stone, G. (2011), "Field versus Farm in Warangal: Bt Cotton, Higher Yields, and Larger Questions", *World Development*, vol. 39(3), pp. 387-398.
- Stone, G. (2012), "A Biotech Page Turner". In *fieldquestions* blog, posted 6 Jan. <http://fieldquestions.com/2012/01/06/a-biotech-page-turner/> (accessed 16 July 2012).
- Toulmin, S (1961), *Foresight and Understanding: An Enquiry Into The Aims of Science*, New York y Evanston: Harper y Row
- van der Ploeg, J.D. (1993), "Potatoes and Knowledge", in M. Hobart ed., *An Anthropological Critique of Development: The Growth of Ignorance*, London y New York: Routledge, pp. 209-227.
- van der Ploeg, J.D. y van Dijk, G. eds., (1995), *Beyond Modernization. The Impact of Endogenous Rural Development*, Assen, NL: Van Gorcum
- van Huylenbroeck, G y Dury, G. (2003), *Multifunctional Agriculture: A New Paradigm for the European Union*, Farnham, UK: Ashgate Publishing.
- Van Kleef, E, et al., 2006, Perceptions of food risk management among key stakeholders: Results from a cross-European study, *Appetite*, vol. 47 (1), pp.46-73.
- Vanloqueren, G, y Baret, P, "How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations," *Research Policy*, vol. 38, pp. 971-983.
- Waters, T (2007), *The Persistence of Subsistence Agriculture: Life Beneath the Level of the Market-Place*, Washington, DC:Lexington Books.

- Welsh, I, y Wynne, B, (2013) "Scientific Imaginaries of Publics y Public Imaginaries of Science", *Science as Culture*, forthcoming, vol. 22, special issue on "Publics", eds. M. McNeil y J. Haran.
- Wynne, B, (2001), "Creating Public Alienation: Expert Cultures of Risk y Ethics on GMOs, *Science as Culture*, vol. 10(4), pp. 445-481.
- Wynne, B (2006), "Public Engagement as Means of Restoring Trust in Science? Hitting the Notes, But Missing the Music", *Community Genetics*, vol. 9, pp. 211-220.