

LA REVOLUCIÓN VERDE COMO REVOLUCIÓN TECNOCIENTÍFICA: ARTIFICIALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y SUS IMPLICACIONES *

THE GREEN REVOLUTION AS A TECHNOSCIENTIFIC REVOLUTION: ARTIFICIALIZATION OF AGRICULTURAL PRACTICES AND ITS IMPLICATIONS

JORGE ELIÉCER MOLINA ZAPATA
Universidad del Quindío
Armenia, Colombia.
jemolina@uniquindio.edu.co



RESUMEN

La revolución verde se implanta en los cuatro rincones del planeta transformando los agroecosistemas biodiversos en monocultivos dependientes de agroquímicos de síntesis. En este artículo se defiende la tesis según la cual con esta revolución agrícola estamos ante una revolución tecnocientífica que, al transformar en profundidad las prácticas agrícolas genera relaciones inéditas con la naturaleza y entre humanos, poniendo en juego diferentes tipos de valores que entran en conflicto. Pesticidas y fertilizantes de síntesis química, variedades híbridas de alto rendimiento y resistentes a fitopatologías constituyen dispositivos tecnocientíficos al servicio del forzamiento de los agroecosistemas con cuyo uso se genera una espiral creciente de degradación ecológica y social traducida en riesgos y amenazas.

Palabras clave: agricultura; revolución verde; revolución tecnocientífica; pesticidas; dispositivos tecnocientíficos.

ABSTRACT

The *green revolution* is implanted everywhere in the world, transforming biodiverse agroecosystems into monocultures dependent on synthetic agrochemicals. This paper argues that this agricultural revolution is a technoscientific revolution that, by profoundly transforming agricultural practices, has involved unprecedented relationships with nature and between humans, bringing different types of values into play that conflict with each other. Chemically synthesized pesticides and fertilizers, high yield hybrid varieties resistant to phyto-diseases are technoscientific devices that forcing agroecosystems, which causes a growing spiral of ecological and social degradation, also understood as risks and threats.

Keywords: agriculture; green revolution; technoscientific revolution; pesticides; technoscientific devices.

1. INTRODUCCIÓN

Cada revolución agrícola¹ está vinculada a un aumento del tamaño de las sociedades, y viceversa. En tal sentido, toda decorrelación significativa y duradera entre el número de personas y sus capacidades de producción agrícola conduce a catástrofes demográficas. Thomas Malthus es recordado por afirmar que existía un desequilibrio fatal entre estos dos elementos que formalizó de modo matemático y sencillo, argumentando que la curva de la población mundial crecía exponencialmente mientras la producción de alimentos aumentaba aritméticamente. Sin embargo, la curva de la población mundial demuestra que Malthus estaba equivocado; de lo contrario,

¹ Según Mazoyer y Roudart (2002), la humanidad ha conocido cinco revoluciones agrícolas a lo largo de su historia: la del Neolítico, una en la Antigüedad, otra en la Edad Media y dos más en la historia reciente.

no habría crecimiento demográfico. Por esta razón, como señala Michel Griffon, “el razonamiento malthusiano es un razonamiento basado en una tecnología constante y, por tanto, sin innovación tecnológica” (2006 30). Sin embargo, la historia de la agricultura ha estado marcada por innegables transformaciones técnicas, desde la revolución neolítica hasta la revolución verde del siglo pasado, desde los sistemas de poliproducción de plantas y animales hasta los sistemas de monoproducción de orientación comercial.

Así, a medida que se introducían cambios técnicos para optimizar el rendimiento en la producción de alimentos, paralelamente aumentaba la población, resultando como corolario la colonización humana de nuevos territorios cultivables que reforzaron el crecimiento demográfico. En torno a esta relación con la técnica, las sociedades humanas se extendieron por el planeta adaptando los ecosistemas a sus necesidades alimentarias. Cuando no se encontraba una respuesta eficaz, se confirmaba la proyección de Malthus, es decir, las sociedades se enfrentaban a situaciones de hambruna o escasez durante lo que se puede calificar como *crisis malthusianas*: “fases en las que las sociedades encuentran límites productivos mientras su población sigue creciendo” (Griffon 2006 30).

El aumento de la población ha creado un reto para la agricultura, que puede caracterizarse como *malthusiano*: mantener un nivel de producción satisfactorio, contra riesgos climáticos o posibles plagas, a medida que aumenta la población mundial. En tiempos modernos se han presentado dos revoluciones agrícolas cuyo rasgo común consiste en preservarse como sistemas agroindustriales. La primera dio lugar a la aparición de la agronomía como ciencia específica (Mazoyer & Roudart 2002), centrada en el estudio del rendimiento de los cultivos y en la que “los números lo han invadido todo” (Dagognet 1973 160). Esta revolución, circunscrita notablemente a Occidente, se produjo entre mediados del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XX. A comienzos del siglo pasado, el escenario estaba preparado y los actores estaban en su sitio para dar inicio a una revolución agrícola de nuevo tipo, la revolución verde. Con este texto nos proponemos sostener la tesis según la cual se trata de una revolución tecnocientífica (Echeverría 2003) que se expande por todos los continentes e implica relaciones inéditas entre el sistema de producción agrícola mundial

con la naturaleza y la sociedad. Procederemos en dos momentos. En primer lugar, expondremos los dispositivos agroindustriales que originaron la revolución verde, insistiendo menos en descripciones técnicas y más en las cuestiones que marcan su desarrollo. En segundo lugar, caracterizaremos la revolución verde como una revolución tecnocientífica que remite no solo a la fusión estrecha de las investigaciones científicas y tecnológicas, así como a un régimen de organización de la investigación comandada por políticas científicas y de financiamiento sobre macro proyectos, sino también a la puesta en juego de valores diferentes a los epistémicos, lo que ocasiona conflictos entre ellos.

2. LOS TRES DISPOSITIVOS DE LA AGROINDUSTRIA

La agricultura moderna se caracteriza como una agricultura industrial, o más bien como una agroindustria en donde predomina la producción, el rendimiento y la rentabilidad. Está marcada por “la extinción de caseríos rurales o la desaparición de los campesinos”, por “la supresión de la más antigua división entre actividades y producciones, es decir, entre la fábrica y los campos de cultivo”. Esta homogeneización del espacio, que suprimió “las diferencias entre la ciudad y el campo, los obreros y los trabajadores, las mercancías y las frutas” (Dagognet 1973 10), se realizó evidentemente en beneficio de la industria: “la fábrica ha tomado el relevo ... Ahora regula todos los aspectos de la economía agraria” (Dagognet 1973 160): el trabajo y los ritmos de prácticas agrícolas, las semillas y los productos para fertilizar y proteger los cultivos. Estos son los tres grandes elementos tecnológicos que determinaron la segunda revolución agrícola de los tiempos modernos.

2.1. MOTORIZACIÓN

En primer lugar, hay que mencionar los dispositivos relacionados con la “motorización”: motores de explosión o eléctricos, tractores y aparatos autopropulsados cada

vez más potentes, así como máquinas cada vez más complejas y eficaces (Mazoyer & Roudart 2002). El despliegue de motorización ha servido para aumentar la productividad del trabajo, haciendo posible

Preparar el suelo y sembrar de forma uniforme en menos tiempo que en el pasado y, gracias a las variedades uniformes, obtener una verdadera “cubierta vegetal estandarizada” de una sola especie y variedad, con un alto rendimiento. Esta perfecta homogeneidad del cultivo permitió, con equipos agrícolas motorizados, gestionar técnicamente grandes parcelas de forma óptima (Griffon 2006 69).

Así, el gigantismo y el productivismo se convirtieron en un rasgo principal de las explotaciones agroindustriales, tanto en los regímenes capitalistas como en el bloque soviético, donde la creación de *koljoz*, o fincas colectivas resultantes de la planificación económica, estuvo siempre asociada a la multiplicación de estaciones (*stations*) de máquinas y tractores, designadas con las siglas MST (Dagognet 1973).

La motorización también desempeñó un papel crucial en el ámbito del riego. “Históricamente, entre las respuestas tecnológicas que las sociedades han dado a la escasez de alimentos, el riego es sin duda la principal”. De hecho, “el agua siempre ha sido el principal factor limitante de la producción en un gran número de situaciones ecológicas” (Griffon 2006 36). La motorización ha intensificado las tecnologías de riego, pero sin alterar lo básico: conservación del agua; construcción de diques, cuencas en zonas bajas y canales para alimentarlas; movimientos de tierra en las laderas; construcción de presas; drenaje en ríos y pozos por tracción eléctrica; presurización y aspersión; distribución por goteo. Los productos relacionadas con el riego industrial son principalmente los cereales (arroz y trigo), legumbres, caña de azúcar y algodón (Griffon 2006).

Así, la motorización del trabajo agrícola ha favorecido una perfecta homogeneidad de los cultivos entre los países desarrollados. En cambio, en los países subdesarrollados persiste un cierto grado de heterogeneidad, a pesar de la multiplicación de maquinaria agrícola. Por ejemplo, en la India, donde la agricultura se caracteriza

ba por las pequeñas parcelas y “donde la población era muy numerosa y densa, fue necesario recurrir principalmente al trabajo manual y animal” (Griffon 2006 69). Del mismo modo, en muchas regiones agrícolas de algunos países latinoamericanos, como la región andina colombiana, caracterizada por una agricultura familiar a pequeña escala en terrenos muy montañosos, la motorización ha sido limitada.

2.2. SELECCIÓN Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

En segundo lugar, abordemos la selección de plantas y el tratamiento de semillas. El objetivo es “producir plantas que satisfagan los deseos de los industriales y que transgredan los umbrales naturales de rendimiento” (Dagognet 1973:129). La escuela rusa de agronomía es instructiva a este respecto. Iván Michurin estableció una hibridación sistemática entre especies distantes que abrió el camino a la creación botánica (Dagognet 1973). Inventó la famosa combinación rusa “trigo-grama”, una adición de cereales y hierbas que permitía “superar la sexualidad limitante” y componer una mezcla intergenérica (Dagognet 1973 131). Esta planta híbrida proporcionaba tanto trigo para el hombre (50 o 60 quintales por hectárea frente a los 6 o 7 del siglo XVIII) como forraje para el ganado. Reprodujo la antigua sinergia “trigo-grama”, ya no en forma de alternancia de cultivos, sino de superposición dentro de la misma planta (Dagognet 1973). Una generación después, Lyssenko actualizó las técnicas de vernalización para liberar las semillas de trigo de los inhibidores naturales que impiden su germinación. Este dispositivo consiguió, en parte, “cambiar el ‘ciclo vegetativo’, arrancar la planta de su sumisión a las estaciones” (Dagognet 1973 133). Los puntos de vista de Lyssenko fueron ampliados por investigaciones bioquímicas posteriores sobre las fitohormonas, que lograron “aislar y sintetizar tanto los inhibidores como los “cito-aceleradores” (citoquininas) que controlan la morfogénesis de las plantas” (Dagognet 1973 133).

En los regímenes capitalistas, la investigación genética sirvió para ampliar las lecciones de Michurin, mientras que el auge de la enzimología y la endocrinología de las plantas permitieron integrar y superar las técnicas de vernalización de Lyssenko (Dagognet 1973). Según Mazoyer y Roudart (2002), la selección de las plantas cul-

tivadas se desarrolló notablemente en función de su compatibilidad con otros dispositivos químicos y mecánicos. Por un lado, se trataba de hacer que fueran capaces de absorber y rentabilizar cantidades crecientes de fertilizantes. Ahora bien,

... este no era el caso a principios del siglo XX: las variedades de cereales que se cultivaban entonces no habrían podido soportar las dosis de nitrógeno que se utilizan hoy en día. La selección de variedades cada vez más exigentes y productivas era, pues, necesaria para absorber y rentabilizar las crecientes cantidades de abono producidas por la industria ... Era necesario seleccionar sucesivamente diversas variedades con potencialidades crecientes, que constituían otras tantas etapas que condicionaban el desarrollo del uso de los abonos. En el caso del trigo, por ejemplo, se seleccionaron variedades con tallo cada vez más corto y con un rendimiento de grano cada vez mayor: la proporción de grano en la biomasa total sobre el suelo pasó así del 35% con las variedades de los años 20 al 50% con las variedades de los años 90 (Mazoyer & Roudart 2002 509-510).

Por otro lado, el objetivo de la selección era también adaptar las plantas al uso de la maquinaria agrícola:

Así, las variedades de cereales cultivadas a principios de siglo [xx], con su maduración relativamente escalonada y su difícil descascarillado, se adaptaban bien a la recolección con la cosechadora combinada, que ... precedía con mucho a la siega. Pero habría sido mucho menos adecuado para la recolección con la cosechadora. Por tanto, era necesario seleccionar variedades más homogéneas, en cuanto a su fecha de maduración, y más fáciles de cosechar en los campos a cualquier hora del día o de la noche (Mazoyer & Roudart 2002 511).

Como resultado, “los frutos se seleccionan en función de su geometría, de modo que, cada vez más, las máquinas pueden recogerlos, agruparlos, envasarlos y evacuarlos” (Dagognet 1973 160).

A esta modalidad técnica de selección varietal, es decir, de plantas cada vez más productivas en relación con los sistemas agroindustriales, se añade la creación de semillas híbridas resultantes del progreso en genética. Estas últimas se obtienen cruzando plantas más resistentes a las enfermedades con otras de alto rendimiento agronómico (Regnault-Roger 2012).

2.3. AGROQUÍMICOS DE SÍNTESIS: FERTILIZANTES Y PESTICIDAS

Examinemos ahora el tercer dispositivo característico de la agroindustria, a saber, los productos agroquímicos de síntesis, fertilizantes o pesticidas. Si *fértil* designa lo que produce mucho, el objetivo de la fertilización ya no es la tierra, sino la planta. La agroindustria ha conseguido obtener cosechas abundantes en suelos de baja o muy baja fertilidad:

El considerable aumento del rendimiento por hectárea de los cultivos en las últimas décadas se debe principalmente al incremento del uso de fertilizantes, aun cuando la mejora de los tratamientos y el trabajo mecánico de preparación y mantenimiento de los cultivos también han tenido su parte en este aumento (Mazoyer & Roudart 2002 507).

La clave de este éxito consiste entonces en paliar la fatiga del suelo mediante el *forzamiento*, es decir, el aporte de solo aquellos elementos químicos que la agronomía considera importantes para aumentar el rendimiento (Bourguignon 2002) de la planta que se asimila a una microfábrica (Dagognet 1973). La enmienda o reposición del suelo se sustituye por el cálculo de la dosis óptima de abono, es decir, “dar lo menos posible, para recibir lo máximo, con el menor desperdicio” (Dagognet 1973 138). La *enmienda* (*l'amendement*, en francés), señala Littré (1889), “se refiere a los medios por los que se mejora o modifica el suelo, por medio de la colmatación, la cal, la marga, la arena, la arcilla, el humus o la mezcla de suelos”. En cambio, “el abono es el alimento de las plantas”. Y Littré añadió que “en el lenguaje práctico, las

enmiendas se confunden a menudo con los fertilizantes minerales”. La agroindustria ha resuelto esta confusión.

Antes, el “abono” sólo desempeñaba un papel oscuro ... respondía a un esquema elemental de ciclación ... No siempre se puede tomar sin que se deba devolver. Los tallos y los frutos han acumulado zumos y sales: hay que reponer, de un modo u otro, los recursos agotados (Dagognet 1973 141).

Gracias a la fertilización centrada en la planta, es posible cosechar sin devolver nada al suelo. El suelo ya no es concebido como organismo vivo. Es despojado de sus elementos nutricionales y se reduce al rango de simple soporte, pudiendo ser sustituido por un medio sintético (agua pura, arena o vidrio roto) cuya composición nutritiva se regula químicamente (Dagognet 1973).

Hacer que las plantaciones sean autónomas en cuanto a la fertilidad del suelo solo fue posible gracias al aumento masivo del consumo y la producción de fertilizantes de síntesis:

A principios del siglo xx, su uso aumentó en los países industrializados, pero sólo se disparó realmente después de la Segunda Guerra Mundial: mientras que en 1900 el consumo mundial de los tres principales fertilizantes minerales, el nitrógeno (N), el ácido fosfórico (P_2O_5) y la potasa (K_2O), no llegaba a los 4 millones de toneladas de unidades fertilizantes, y mientras que en 1950 era de poco más de 17 millones de toneladas, a finales de los años 80 alcanzó los 130 millones de toneladas (Mazoyer & Roudart 2002 506).

Esta enorme expansión fue posible gracias al desarrollo de las industrias de fertilizantes sintéticos:

... la cianamida cálcica, obtenida mediante la fijación del nitrógeno del aire en un horno eléctrico, y la síntesis del amoníaco, del que posteriormente se

derivaron la mayoría de los fertilizantes nitrogenados, como la urea, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio (Mazoyer & Roudart 2002 502).

Los plaguicidas se refieren a “productos fitofarmacéuticos o de protección directa de las plantas ... utilizados en la agricultura para la prevención, el control o la eliminación de organismos vivos considerados indeseables para el buen desarrollo del cultivo” (Regnault-Roger 2014 25) desde la perspectiva del rendimiento. Esta fitofarmacia, compuesta por moléculas de síntesis, tiene tres vertientes, ya que ataca tres blancos en particular:

- *herbicidas*, para controlar adventicias, malezas o pastos;
- *fungicidas*, para controlar hongos o mohos;
- *insecticidas y acaricidas*, para controlar insectos y ácaros (Regnault-Roger 2014 25).

Los plaguicidas intervienen así como medio para eliminar los bioagresores presentes en las plantaciones, pero también y sobre todo funcionan como un escudo químico para anticipar y repeler su posible llegada. De ello se deduce que el papel de los pesticidas no es solo alcanzar y matar a sus objetivos, sino mantenerlos a raya en los distintos momentos de vulnerabilidad. Esto explica su omnipresencia en los procesos agroindustriales y agroalimentarios. Esto se desprende de la definición propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), en el Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas:

Toda sustancia o combinación de sustancias destinada a repeler, destruir o controlar las plagas (incluidos los vectores de enfermedades humanas o animales) y las especies indeseables de plantas o animales que causen daños o resulten perjudiciales durante la producción, transformación, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de la madera, o que pueda administrarse a los animales

para controlar los insectos, los arácnidos y otros endo o ectoparásitos. El término incluye las sustancias destinadas a ser utilizadas como reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, diluyentes de la fruta o para prevenir la caída prematura de la misma, así como las sustancias aplicadas a los cultivos, ya sea antes o después de la cosecha, para protegerlos contra el deterioro durante el almacenamiento y el transporte (2003 7).

3. REVOLUCIÓN VERDE: UN CASO DE REVOLUCIÓN TECNOCIENTÍFICA

Con los tres dispositivos mencionados, la agroindustria se extendió por todo el mundo después de la Segunda Guerra Mundial en un proceso conocido como la revolución verde, cuyo impacto en toda la biosfera es colosal. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector agrícola ocupa actualmente cerca del 40 % de la superficie terrestre y consume el 70 % de los recursos hídricos mundiales (FAO 2007). Estas cifras están aumentando debido a la deforestación y al establecimiento de plantaciones para producir biocombustibles (de aceite de palma, por ejemplo) en países en desarrollo como Colombia. La agroindustria es la actividad técnica y científica, o más bien tecnocientífica, que deja la mayor huella ecológica en el planeta. Para comprender mejor la variedad de repercusiones generadas por esta actividad, nos preguntaremos cómo la revolución verde es el resultado, no de una revolución científica, sino de una revolución tecnocientífica.²

La noción de *revolución tecnocientífica* (Echeverría 2003) puede ser polémica. Bensaude-Vincent señala, por ejemplo, que “Hay que dejar de invocar a cada momento ‘revoluciones’ y ‘nuevos paradigmas’ para imponer una dirección a la historia.

² Abordaremos el concepto de tecnociencia exclusivamente a la luz de la revolución verde. Para tener una caracterización conceptual de este término controvertido, véase Bensaude-Vincent (2009), Echeverría (2003), Hottois (2004) y Latour (2005).

La tecnociencia no es tanto un momento histórico como un proceso que une varias historias” (2009 195). No obstante, en el proceso de entrecruzamiento de historias de las ciencias hay puntos de bifurcación “donde se plantean los problemas y donde se toman las decisiones” (Serres 1998 16). Se decidió entonces, “en un momento dado”, a favor de otro modo de hacer ciencia, con otros tipos de preguntas, otras características, y a una aceleración desconocida hasta entonces.

3.1. LA AGRONOMÍA COMO ACTIVIDAD TECNOCIENTÍFICA

La agronomía es una “disciplina de intersección” (Dagognet 1973 172) o una “confluencia disciplinaria” (Bensaude-Vincent 2009 61). Sin embargo, el objetivo de esta ciencia no es contemplativo. No se trata principalmente de satisfacer valores epistemológicos para lograr una descripción, explicación o comprensión del mundo empírico. Por eso, si la agronomía es y ha sido una ciencia revolucionaria no es por llevar a cabo lo que Kuhn (2004) llama una revolución científica. Por el contrario, la agronomía es un caso especial que muestra cómo la ciencia cartesiano-baconiana es inseparable de una empresa de intervención, orientada hacia un proyecto de transformación del mundo y no hacia un aumento del conocimiento académico, que evoluciona según su propia dinámica desvinculado de las prácticas técnicas (Bensaude-Vincent 2009).

En primer lugar, para entender el vínculo entre la revolución verde y la tecnociencia, es revelador el peso de los objetos químicos en la agronomía. La química tiene, de hecho, una doble naturaleza, al ser a la vez ciencia e industria, ya que es una ciencia derivada de artes muy antiguas como la metalurgia, la vidriería, la tintorería y la farmacopea (Bensaude-Vincent 2005). Desde el siglo XVIII, para los químicos el mundo no es un espectáculo y su ciencia no tiene por vocación representarlo fielmente, sino un teatro de operaciones en el que trabajan en concierto con los elementos (Bensaude-Vincent 2005). En el siglo XIX, “ya sean planas o espaciales, las fórmulas químicas son menos espejos de la estructura que instrumentos que anticipan y ayudan a la fabricación de nuevas moléculas” (Bensaude-Vincent 2005 222).

en el siglo xx, las teorías sobre el átomo pueden considerarse una forma de “realismo operativo”, que define como “reales las entidades que funcionan en los dispositivos experimentales” (Bensaude-Vincent 2005 223). Así, “los químicos serían como señores Jourdain haciendo tecnociencia sin saberlo” (Bensaude-Vincent 2009 51). Como teatro de operaciones para la puesta en marcha de dispositivos experimentales destinados a la fabricación de nuevas moléculas, la agronomía en cuanto agroquímica fue encargada de responder a las preocupaciones agroindustriales: la creación de pesticidas y fertilizantes sintéticos. Si la revolución verde es una agrotecnología basada en dispositivos fitosanitarios sintéticos es precisamente en razón de su carácter tecnocientífico.

En segundo lugar, según Echeverría (2003), las revoluciones tecnocientíficas son ante todo praxeológicas, y no necesariamente epistemológicas o metodológicas. Como revolución tecnocientífica, la revolución verde estuvo acompañada de la transformación de prácticas agrícolas en el sentido de una artificialización de la agricultura.

Si bien estas transformaciones garantizaron un aumento considerable del rendimiento de cultivos y del desempeño zootécnico, de la productividad del trabajo y de la producción en general, también modificaron profundamente la relación entre el desarrollo agrícola y la naturaleza, y las relaciones sociales del sector agroalimentario (Larrère 2002 168).

El desarrollo agrícola y las relaciones sociales que genera ya no se rigen por el modelo técnico del manejo, de la manipulación de seres vivos o procesos naturales. Ahora lo hacen por el modelo técnico de construcción, fabricación o producción de artefactos (Larrère 2002).

La revolución verde reemplazó las funcionalidades naturales que las agriculturas tradicionales sabían utilizar, por el uso masivo de productos de origen industrial. Los fertilizantes sustituyen los mecanismos naturales de reproducción de la fertilidad (a expensas de una disminución de la materia orgánica

del suelo), los productos fitosanitarios sustituyen a los enemigos naturales de agentes patógenos, y el trabajo intensivo de la tierra sustituye su estructuración por las raíces y la fauna del suelo (C. Larrère & R. Larrère 2015 221).

La artificialización se traduce, como ya hemos señalado, en una estandarización de los cultivos y en un aumento gigantesco de las superficies cultivadas. Las explotaciones agrícolas se han convertido en lugares de forzamiento, en los que se obtienen los resultados esperados con independencia del entorno, pero también a expensas de él, sin estar supeditados a la fertilidad del suelo, ni al ritmo de los ciclos vegetativos o del clima, ni a la biodiversidad. En todo el planeta, los campos de cultivo se han transformado en una especie de inmenso campo de forzamiento, por utilizar un término del siglo XIX, a cielo abierto.

Esta artificialización de las prácticas agrícolas es perceptible al considerar que la especialización del cultivo no solo opera a nivel de la plantación, sino de la propia planta, como unidad industrial de producción de bienes. Ahora bien, en la planta, la agronomía se ocupa principalmente de una parte que tiende a desarrollarse: “o bien la hoja, el fruto, la raíz, o la corteza” (Dagognet 1973 120). Pero la cohesión de lo vivo, antes de cualquier intervención tecnocientífica, hacía que al favorecer un elemento, el productor se viera obligado a favorecer también a los vinculados a él. Esta globalidad orgánica fue percibida como un obstáculo para el rendimiento. En el siglo XX, los dispositivos químicos consiguieron eliminar este obstáculo a la productividad. Así, “el cloruro de clorocolina acorta los tallos y bloquea su crecimiento. El abono nitrogenado puede intensificar fácilmente la espiga ... De ahí que sea un trigo duro, corto y resistente” (Dagognet 1973 121). De este modo, se maximizan los rendimientos, en la medida en que “se sabe borrar de un trazo la desventaja ligada a la ventaja” (Dagognet 1973 121), que “se controlan los ‘inputs’ y los ‘outputs’ ” (Dagognet 1973 164). Esta especialización relativa al cultivo, llevada a escala individual, caracteriza la actividad tecnocientífica: “mientras que la ciencia moderna pretende penetrar en un orden global regido por leyes generales del que cada ser particular constituye un espécimen, o muestra, la tecnociencia aísla entidades individuales” (Bensaude-Vincent 2009 122).

En tercer lugar, la revolución verde, como actividad tecnocientífica, ha cambiado el mundo social, no solo la naturaleza. Como señala Echeverría, para las tecnociencias:

Lo principal es la transformación del mundo que producen, y en particular del mundo social. El conocimiento científico es un medio para modificar la correlación de fuerzas en una guerra, para obtener beneficios económicos en el mercado, para mejorar la salud de un país, etc. (2003 150).

En otras palabras, “ya no existe una actividad de investigación ‘libre’ en el sentido de una actividad individual independiente, con un fin en sí misma” (Bensaude-Vincent 2009 196). Lo que distingue a la tecnociencia es que “es un proceso de engranaje que solidariza actividades —como la ciencia, la industria, la agricultura, la economía, la política— en detrimento de sus pretensiones de autonomía ... La imagen del engranaje evoca un agarre mutuo, una especie de inter-captura” (Bensaude-Vincent 2009 196). Sí, es cierto,

... una empresa tecnocientífica mínimamente importante, además de investigadores científicos, ingenieros y técnicos, ha de incluir otro tipo de equipos: gestores, asesores, expertos en *marketing* y en organización del trabajo, juristas, aliados en ámbitos político-militares, entidades financieras de respaldo, etc. (Echeverría 2003 82).

Por ello, “el sujeto de la tecnociencia es plural, no individual” (Echeverría 2003 83), de modo que los diversos agentes que componen este sujeto “ni siquiera comparten los mismos sistemas de valores. De ahí que los conflictos de valores sean inherentes a la actividad tecnocientífica, a diferencia de la ciencia, donde sólo se manifiestan en las épocas de crisis y revolución” (Echeverría 2003 164).

3.2. LA REVOLUCIÓN VERDE COMO ACTIVIDAD TECNOCIENTÍFICA: LA IDENTIFICACIÓN DEL SUJETO PLURAL A TRAVÉS DE LOS VALORES EN JUEGO

La revolución verde, como empresa tecnocientífica, es el resultado de una red de actores. Su diversidad es grande, tanto en su naturaleza como en su organización y comportamiento. Para identificar la pluralidad, la coherencia y los conflictos dentro de esta constelación de agentes, examinaremos breve y sucesivamente los valores que buscan satisfacer con sus actividades.

La designación de revolución verde tiene sentido cuando conocemos los valores políticos que pretendía alcanzar en el contexto de la Guerra Fría entre los regímenes capitalistas y el bloque socialista. La lucha para contrarrestar los movimientos revolucionarios promovidos por la URSS iba acompañada de un plan de apoyo económico para mejorar las condiciones de vida miserables de las masas populares, especialmente las rurales, susceptibles de adherirse a las ideas socialistas o a la ideología soviética, y de desencadenar o apoyar intentos insurreccionales anticapitalistas. Como afirma Michel Griffon:

El comunismo chino se había construido políticamente sobre la capacidad de rebelión del campesinado pobre y desnutrido. El apoyo de China a Corea del Norte en contra de Corea del Sur y el estallido de la Guerra Fría convencieron rápidamente al gobierno estadounidense de que la escasez de alimentos en India y, en general, en Asia podría inclinar a todo el continente hacia el comunismo. A partir de entonces, se impuso un razonamiento simple: si la escasez podía llevar a una revolución social, ésta podía evitarse con una revolución técnica para aumentar la producción de alimentos. Así, la decisión de ayudar masivamente a la India a aumentar su producción de alimentos (y de enviar una ayuda alimentaria masiva) fue una decisión eminentemente política directamente relacionada con la Guerra Fría (2006 68).

En el ámbito de la política internacional, Estados Unidos consolidó su liderazgo en el bloque de las democracias liberales de mercado llevando a cabo varios programas regionales de transferencia de tecnología, incentivos al desarrollo y apoyo material. Básicamente, esta política de fomento de la agricultura en Asia y luego en América Latina, a través del programa Alianza para el progreso, que se inició a principios de los años 60, con Colombia como puerta de entrada,

... no era muy diferente de la que los países occidentales habían aplicado o estaban aplicando en ese momento. El Plan Marshall, establecido en particular para sacar a Europa de la escasez de alimentos en la posguerra, y la acción del general MacArthur en Japón para reactivar la economía se basaron en el mismo esfuerzo masivo que combinaba nuevas tecnologías y medidas de incentivo muy fuertes (Griffon 2006 71-73).

Esta iniciativa fue liderada por Estados Unidos, país de origen de la tecnociencia, que establece las reglas del juego (Bensaude-Vincent 2009; Echeverría 2003). El líder del capitalismo global era también el líder de la agroindustria global. Como señala Michel Griffon, “bajo la bandera de los Estados Unidos, los países desarrollados propusieron así un salto técnico, ‘la revolución verde’, transponiendo al mundo tropical la modernización vivida en los años 50 y 60” (2003 4). Esta vocación política de la revolución verde era evidente para William Gaud, administrador de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), que hizo famoso el término al utilizarlo en un discurso el 8 de marzo de 1968 en Washington:

Estas y otras innovaciones en la agricultura apuntan a una nueva revolución. No se trata de una violenta revolución roja, como la de los soviéticos, ni de una revolución blanca, como en Irán. Pero yo la llamaría la revolución verde basada en la aplicación de la ciencia y la tecnología (Gaud, citado por Griffon 2003 1).

En términos económicos, la revolución verde se basó en una forma de intervencionismo gubernamental a diferentes escalas: internacional, nacional, regional:

El modelo de la revolución verde no es, como a menudo se cree, sólo un modelo técnico ... Se trata igualmente de una política agrícola de acompañamiento que ha sido muy favorable a la agricultura y que se basa en importantes subvenciones ... Más concretamente, el modelo económico de acompañamiento, tal y como se ha extendido posteriormente en Asia y en todo el mundo, se caracteriza por las siguientes medidas básicas:

- compra garantizada de cosechas para el productor;
- garantía de precio otorgada al productor antes de la temporada de producción;
- subvenciones para fertilizantes, productos de tratamiento y semillas;
- préstamos subvencionados de crédito agrícola para compras anuales y equipamiento;
- extensión [divulgación y transferencia] gratuita de conocimientos

El apoyo podía adoptar la forma de una asociación entre una fundación privada y una autoridad pública: así, en 1943, el gestor de la revolución verde, el agrónomo estadounidense Norman Borlaug, dirigió el primer programa de ayuda agrícola internacional en asociación con la Fundación Rockefeller y el gobierno mexicano.

Estas políticas de apoyo estaban orientadas a aumentar el rendimiento de los cultivos. Los resultados de la aplicación de este modelo de agricultura hablan por sí solos: la producción de arroz con cáscara en la India pasó de unas 58 000 toneladas en 1961 a 140 000 a principios de la primera década del siglo XXI; se lograron aumentos similares en Indonesia y Vietnam (Griffon 2006). Este aumento de la productividad agrícola en los países subdesarrollados se ha relacionado sistemáticamente con un incremento del consumo de dispositivos técnicos fabricados por las naciones desarrolladas. En consecuencia, tras el colapso del bloque socialista en 1989, el aban-

dono de las políticas intervencionistas y el auge de la economía liberal de mercado colocaron a los países en desarrollo en una situación de déficit comercial estructural.

En cuanto a valores sociales, la revolución verde pretendía satisfacer los valores de soberanía y seguridad alimentarias, o al menos conseguir una reducción de la subalimentación y el hambre en el mundo, sobre todo en los países más pobres: en el siglo xx, las hambrunas afectaron a algunos países asiáticos superpoblados como India, Bangladesh y China. En este último, por ejemplo, 43 millones de personas murieron de hambre entre 1920 y 1961 (Griffon 2006). La realización de este proyecto era un verdadero reto y una necesidad indiscutible: en 1950 había que alimentar a una población aproximadamente cuatro veces mayor (2519 millones) que en 1750 (de 629 a 691 millones). Medio siglo después, este programa intervencionista ha provocado un cambio drástico en la variedad, cantidad y calidad de la dieta humana occidental. Según el ingeniero de minas y economista Bruno Parmentier,

... a pesar de las numerosas imperfecciones que persisten, a pesar de la “comida chatarra”, a pesar de los daños causados por el progreso, a pesar de la verdadera “epidemia” mundial de obesidad y de la multiplicación de los cánceres, comemos mejor que nunca (2009 14).

Hoy en día, Occidente ya no parece amenazado por las crisis malthusianas de subsistencia; los productos de primera necesidad son generalmente asequibles y, sin embargo, nunca antes la alimentación había tenido repercusiones tan inquietantes, si no perjudiciales, en la salud de los consumidores de productos agroindustriales.

A primera vista, la agroindustria no está relacionada con los valores militares. Sin embargo, un vínculo aparece cuando se considera el surgimiento y uso de pesticidas durante el siglo xx. Las investigaciones que crearon potentes insecticidas orgánicos de síntesis como los compuestos organoclorados, como el DDT (diclorodifeniltricloroetano), demostraron por primera vez su eficacia en soldados estadounidenses al brindar protección contra los mosquitos y los piojos, artrópodos portadores de enfermedades como la malaria y el tifus. Sintetizado por la empresa Zeidler de Estrasburgo en 1874, no fue hasta 1939, en la empresa suiza Geigy, que el

químico Paul Hermann Müller demostró la acción insecticida y la eficacia del DDT. El laboratorio lo puso entonces a disposición del ejército estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial. Al mismo tiempo, los alemanes estaban desarrollando los primeros insecticidas organofosforados a partir de gases de combate (sarín, tabún) (Regnault-Roger 2012). Estos insecticidas de uso militar fueron utilizados en los años cincuenta por los agricultores estadounidenses, que veían, por ejemplo, en el DDT un remedio definitivo contra la dorífera. Además, desde que las fuentes de piretro, un insecticida de origen vegetal extraído de las flores de crisantemo importadas de Japón en aquella época, fueron destruidas por las guerras mundiales, el DDT, al ser barato, químicamente estable y de fácil aplicación en grandes áreas, se introdujo masivamente en la agricultura mundial, apoyado por los paquetes de estímulo desarrollados por Estados Unidos (Regnault-Roger 2012).

La introducción del DDT en la agricultura representó la primera intrusión masiva de la química en el mundo agrícola: insecticida de amplio espectro, era eficazmente activo contra 240 especies de plagas y proporcionaba protección a unos 330 cultivos diferentes (Regnault-Roger & Philogene 2005). El DDT fue así un arma formidable en el contexto de la lucha fitosanitaria y tuvo un éxito espectacular. Como sugiere Michel Serres, los plaguicidas pueden verse como dispositivos que conservan su propósito militar e intensifican la guerra mundial, es decir, la guerra de humanos contra el mundo no humano (Serres 2011). Cada región cultivada bajo el modelo agrícola de la revolución verde, en cualquier parte de biosfera, constituye, según Serres, “el teatro de operaciones” de una guerra química cuyos “enemigos” son los insectos, los hongos y las “malas hierbas”, por regla general, todos los organismos vivos que significan una amenaza para el rendimiento de los cultivos.

En cuanto al cumplimiento de los valores epistémicos, es importante comprender la especificidad de la tecnociencia en este dominio. La propia composición de este neologismo es evocadora. A este respecto, Bernadette Bensaude-Vincent afirma:

Este término evoca, a primera vista, un cambio en la relación entre ciencia y tecnología. La tecnología ya no dependería de la ciencia ni estaría subordinada

a ella en el sistema de valores. Las prioridades se invertirían, como sugiere el orden de la palabra compuesta (2009 7).

Esta prioridad de lo técnico se refleja en el lugar que ocupan los dispositivos en la investigación científica. Según Bernadette Bensaude-Vincent:

... el dispositivo se distingue del instrumento tradicional en el sentido de que realiza operaciones, *interviene* activamente en el mundo. ... El dispositivo no pretende representar la realidad objetiva. Interviene activamente sobre esta realidad y entrega a cambio el resultado de esta intervención (2009 117-118).

En otras palabras, “el objetivo ya no es observar o comprender la naturaleza, sino observar los efectos de nuestra intervención técnica en ella”:

A la postura del espectador, exterior al mundo, que aspiraba a una objetividad ideal, a una “visión desde ninguna parte”, le sucede la postura del investigador inmerso en el mundo a descifrar. Equipado con instrumentos —de visualización y manipulación—, camina por todas partes en los paisajes remotos de lo infinitamente grande, así como de lo infinitamente pequeño (Bensaude-Vincent 2009 121).

La investigación científica básica está significativamente orientada al desarrollo de nuevos dispositivos, y no solo a satisfacer valores epistémicos o epistemológicos como fue el caso de las revoluciones científicas caracterizadas por Kuhn. Esta inversión de prioridades se reconoce en el documento que se considera la base de la política científica de Estados Unidos, que probablemente tuvo una influencia significativa en la construcción de las políticas científicas de muchos países, entre ellos Colombia. Nos referimos al famosísimo informe *Science, the Endless Frontier*, que fue presentado en 1945, después de la Segunda Guerra Mundial, por el ingeniero estadounidense y entonces director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico Vannevar Bush, como respuesta a una solicitud hecha en 1944 por el presi-

dente Franklin D. Roosevelt. En la carta que acompañaba al informe, como destaca Echeverría (2003), se expresa lo que puede considerarse la tesis del documento: “El progreso científico es una clave esencial de nuestra seguridad como nación, para mejorar nuestra salud, tener puestos de trabajo de mejor calidad, elevar el nivel de vida y progresar culturalmente” (Bush 1945 1).

Echeverría llama la atención sobre el hecho de que, en este documento, el “progreso científico” se considera un medio para alcanzar objetivos de diverso tipo. Esto nos sitúa ante una transformación de lo que ha sido una de las fuentes de cambio de nuestra cultura, la ciencia, ya que desde la segunda mitad del siglo anterior es evidente, tras el Proyecto Manhattan, que “el conocimiento es un bien económico (y militar, y social, y sanitario), no sólo un bien epistémico” (Echeverría 2003 194). En esta nueva realidad de la actividad científica o, más exactamente, tecnocientífica, se reconocen como esenciales los avances que la investigación básica ha aportado al cambio de la agricultura y de las prácticas agrícolas. A modo de ejemplo, en la primera parte de la introducción del *Informe Bush*, titulada *El progreso científico es esencial (Scientific Progress Is Essential)*, dice:

Los grandes avances de la agricultura también se basan en la investigación científica. Las plantas más resistentes a las enfermedades y adaptadas a una estación de crecimiento corta, la prevención y la cura de las enfermedades del ganado, el control de las plagas de insectos, mejores fertilizantes y el mejoramiento de las prácticas agrícolas, todo ello se deriva de una minuciosa investigación científica (Bush 1945 1).

Coincidencia o no, más tarde el verde empezó a formar parte de la clasificación de colores de la biotecnología, de modo que la biotecnología verde se aplica a la agricultura.

La revolución verde fue, por tanto, uno de los primeros programas implementados dentro del sistema de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D). La I+D se caracteriza por combinar la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental. Este concepto se generalizó tras la Segunda Guerra

mundial, sobre todo en Estados Unidos, y luego en la Europa y el Japón de la reconstrucción (Plan Marshall y Plan MacArthur, respectivamente). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico creó en 1963 el Manual Frescati como referencia internacional para medir el progreso en I+D. Este Manual se complementa desde el punto de vista de la innovación (I+D+i) con el *Manual de Oslo* que surgió en 1997.

El modelo agrícola de la revolución verde tiene como objetivo lograr una producción de alto rendimiento a través de prácticas de forzamiento, fomentadas por un sistema de I+D gracias a conocimientos obtenidos en áreas como: la mejora genética de las plantas; la química orgánica de síntesis asociada a los fertilizantes químicos y pesticidas, los organoclorados y organofosforados, por ejemplo; la maximización de la función de productividad de los cultivos, revisando el cumplimiento de los procesos de siembra, cosecha y poscosecha. Así pues, la atención se centra en las modificaciones praxeológicas derivadas de las transformaciones epistémicas. En otras palabras, la actividad tecnocientífica, notablemente en la agricultura, que es nuestro campo de estudio, se evalúa menos en función de los cambios en los conocimientos que de las transformaciones en las prácticas agrícolas que permiten los nuevos conocimientos adquiridos.

Dado su éxito en Estados Unidos, Europa y Asia, la revolución verde se ha convertido en un verdadero ejemplo reconocido mundialmente por los investigadores agrícolas. Esto ha dado lugar a una transferencia de tecnología vinculada a la creación de centros de investigación y a la aplicación de sus resultados en diversos países como México, India y China, entre otros (Griffon 2006). La revolución verde proporcionó así un marco científico y técnico común que desempeñó un papel unificador y determinante a varios niveles: tanto a nivel de las políticas nacionales de investigación científica en agronomía y para el desarrollo de los centros de I+D, como a nivel de los intereses económicos de empresas privadas o de poblaciones agrícolas. En resumen, la revolución verde constituye un “paradigma” agrotecnológico.

Por último, la satisfacción de los valores ecológicos no estaba en el centro de las preocupaciones de un obrar técnico articulado en torno a la eficacia y, en consecuencia, al forzamiento de los agroecosistemas. Este forzamiento ha estado

conducido de un modo que hace desbordar cada vez más los límites superados por las prácticas de artificialización. En efecto, la revolución verde interviene los ecosistemas sometiéndolos a una misma dinámica lineal, de modo que para obtener una mayor producción hay que aportar regular e inevitablemente una mayor cantidad de insumos externos para mantener la productividad de los cultivos y controlar las plagas, malas hierbas y enfermedades. Esta agricultura, basada en insumos de síntesis, se ha expandido y estandarizado a escala mundial, mientras que algunos agrónomos han señalado que solo en casos excepcionales, debido a condiciones agroecológicas extremas, podría ser apropiado regular el crecimiento de las plantas o la defoliación, desecar, aclarar y proteger los cultivos o los productos agrícolas, con una preponderancia de insumos externos (Parmentier 2009).

Sin embargo, debido a esta dinámica descontextualizada en las prácticas agrícolas, la revolución verde sigue generando sus propias limitaciones, creando problemas a los que no puede responder satisfactoriamente. Es así como comenzó a manifestarse la ineficiencia de una agroindustria que, en su búsqueda de resultados a corto plazo, perdió de vista las consecuencias lejanas, pero inevitables, y a veces irremediables, de sus intervenciones. De ahí una dificultad o paradoja:

La tecnociencia, que ha provocado una mutación radical en la empresa tecnológica al transformar la negociación con nuestros límites en una exploración ilimitada de posibilidades..., tropieza con un límite: la imposibilidad de confinar, de controlar. De ahí la magnitud de los riesgos, de ahí las visiones de pesadilla y los problemas de gobernanza (Bensaude-Vincent 2009 146).

La tecnociencia ha construido dispositivos de evaluación de resultados, a fin de apreciar su conformidad con relación a lo esperado en términos de rendimiento, por ejemplo, las inversiones. Estos dispositivos de evaluación revelaron rápidamente la alteración de los ecosistemas cultivados. La primera constatación de la ineficiencia, por no decir de la imprevisión de efectos no deseados, aparejada a la agricultura basada en insumos de síntesis química, surgió del interior mismo del actor plural de la tecnociencia, procedente de su lugar de origen, Estados Unidos. Publicado en

1962, la obra *Silent Spring* (*Primavera silenciosa*) de Rachel Carson, bióloga de formación, dejó claro que en los ecosistemas agrícolas en los que se esparcen sustancias o “combinaciones de sustancias” de síntesis químicas, no es posible “repeler, destruir o combatir” solo “las plagas y las especies indeseables de plantas o animales” sin repeler, destruir o combatir otros organismos o especies vitales para el ecosistema, ni sin afectar profundamente al producto “deseado”, a quienes lo consumen y a todo el entramado de ecosistemas que conforman la región donde se desarrolla esta práctica agrícola, o incluso más allá.

Uno de los principales efectos no deseados concierne a las alteraciones fisiológicas y medioambientales que provoca el uso de pesticidas. Desde la década de 1960 (Carson 1962) hasta nuestros días (Robin 2009, 2011), las pruebas de tales alteraciones son cada vez más inquietantes. Este proceso de reforzamiento está relacionado con el aumento de los fenómenos de resistencia de los organismos a los pesticidas: de las plagas de insectos a los insecticidas, de los hongos a los fungicidas y de las “malas hierbas” a los herbicidas. Más de medio siglo después de la implantación de un sistema agrícola basado en pesticidas, muchos organismos resisten a la molécula que compone un pesticida en particular. Por ejemplo, según Mouchès, “entre 1948 y 1990 el número de casos de resistencia en los mosquitos a los insecticidas organoclorados pasó de 14 especies en 1948 a 224 en 1969 y a más de 500 en 1990” (citado en Regnault-Roger 2012 104). Este fenómeno ha llevado a la utilización de pesticidas aún más tóxicos, en concentraciones cada vez más fuertes y con mayor frecuencia de uso.

El fenómeno de la resistencia es análogo al que se produjo en el campo de la medicina en la lucha contra las bacterias con antibióticos. Ambos fenómenos se han explicado como una respuesta del proceso evolutivo de los organismos mediante mecanismos de adaptación a su entorno. A este respecto, Rachel Carson ya había señalado en *Silent Spring* que

Este proceso de fumigación parece llevarnos a una espiral sin fin. Desde que se aprobó el uso civil del DDT, se ha producido un proceso de sobrepuja que nos ha obligado a encontrar sustancias cada vez más tóxicas. De hecho, los

insectos, en una espléndida confirmación de la teoría darwiniana de la “supervivencia del más fuerte”, han evolucionado hasta convertirse en super-razas inmunes al insecticida utilizado, de modo que siempre hay que encontrar uno nuevo y más letal, y otro aún más letal. ... Así, la guerra química nunca se gana, y todas las vidas están expuestas a este violento fuego cruzado (Carson 2012 31).

La perturbación de la biocenosis afecta, por tanto, al medio ambiente en general y, posiblemente, también a quienes se alimentan de los productos cultivados bajo el paradigma de la revolución verde. Estas perturbaciones ecológicas son denominadas por Regnault-Roger como “efectos 4R”: “Resistencia, Remanencia, Resurgimiento y Ruptura en las cadenas tróficas” (2012 104). Estos efectos refuerzan la espiral de la que Rachel Carson nos habló sobre los insectos y los insecticidas.

Sin embargo, la evaluación de la agroindustria, a la luz de la insatisfacción de valores ecológicos, ha llevado a los actores de la tecnociencia a repensar sus dispositivos de forzamiento de ecosistemas:

[Ya en los años 60] se abrió una nueva fase en la lucha contra los insectos, orientada no sólo a la búsqueda de estrategias alternativas ... sino también a la reflexión sobre cómo hacer evolucionar los insecticidas de síntesis para tener más en cuenta las exigencias medioambientales en el contexto del desarrollo sostenible. Esta orientación, y los enfoques de investigación y desarrollo (I+D) asociados a ella, condujeron al descubrimiento de varias moléculas (Regnault-Roger, Philogène & Fabres 2005 19).

Tener en cuenta los valores ecológicos también ha dado lugar al desarrollo de una forma de agrotecnología no asociada a la artificialización de las prácticas agrícolas y basada en un manejo inteligente de los agroecosistemas en búsqueda de la eficiencia, por ejemplo, con el auge de la agroecología y el nuevo horizonte axiomático que ella despliega.

CONCLUSIONES

Durante mucho tiempo, hasta el siglo XVIII en Occidente, la protección de los cultivos —respuesta de las sociedades humanas a los desequilibrios causados por sus actividades en los agroecosistemas, y acentuados por el crecimiento de la población mundial— adoptó la forma indirecta de una cuidadosa atención a la renovación de las condiciones de fertilidad del suelo. A partir del siglo XIX, tras el surgimiento de la agronomía como ciencia particular, la protección de cultivos adoptó una forma directa y agresiva, en respuesta a una multiplicación de bioagresores cada vez más devastadores. La protección directa de los cultivos, mediante la tríada insecticidas-fungicidas-herbicidas, se ha correlacionado con un aumento de la artificialización de las prácticas agrícolas en torno a los monocultivos de alto rendimiento, cuyo modelo lo tenemos con la revolución verde.

En cuanto revolución tecnocientífica, la revolución verde pone en evidencia tres rasgos característicos de la tecnociencia: 1) el énfasis puesto en las operaciones, transformando las prácticas agrícolas a través de dispositivos tecnológicos tales como semillas híbridas o genéticamente modificadas, fertilizantes y pesticidas de síntesis química de una eficacia inigualable; 2) la inmersión del sujeto (plural), y su capacidad tecnológica, al mundo natural y social, mostrando que no hay una naturaleza o realidad exterior, nada queda por fuera; 3) la reconfiguración de los objetos una vez son abstraídos a través de un proceso de descontextualización (la planta ya no es considerada como una unidad orgánica en interdependencia con el suelo) gracias al cual la planta se convierte en una unidad industrial para la producción de mercancía, mientras el suelo es reconfigurado en sustrato inerte. Esta transformación de la agricultura cambió su mirada sobre la naturaleza y la manera de relacionarse con ella, modificando incluso las preguntas formuladas a la naturaleza. La pregunta por las causas es sustituida por la cuestión sobre el funcionamiento individualizado, a fin de modelar los dispositivos tecnológicos indispensables para la artificialización de prácticas y el forzamiento de los agroecosistemas.

La actividad tecnocientífica manifiesta su grado de complejidad en la dinámica sistémica e interdependiente de la diversidad de tipos de valores que están

en juego. Así, comprender el modelo de la revolución verde como sistema tecnocientífico no solo amplía el horizonte de cuestiones ontológicas, epistemológicas, económicas, entre otras, por considerar en la agricultura, sino que además revela el contexto complejo de los conflictos de valores subyacentes. Estos conflictos precisan de evaluaciones axiológicas bajo un enfoque plural y en contextos concretos de aplicación; su inatención en la complejidad que entrañan desencadena riesgos sanitarios y ecológicos de proporciones incalculables.

TRABAJOS CITADOS

- Bensaude-Vincent, Bernadette. *Faut-il avoir peur de la chimie?* Paris : Les Empêcheur de penser en rond/Le Seuil, 2005.
- _____. *Les vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome.* Paris : La Découverte, 2009.
- Bourguignon, Claude. *Le sol, la terre et les champs.* Paris : Sang De La terre, 2002.
- Bush, Vannevar. *Science, the Endless Frontier. A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research.* National Science Foundation. 1945. <<https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>
- Carson, Rachel. *Printemps silencieux. Domain sauvage.* 3 éd. Trad. J.-F. Gravrand. Paris : Wildproject, 2012.
- Dagognet, François. *Des révolutions vertes. Histoire et principes de l'agronomie.* Paris : Hermann, 1973.
- Echeverría, Javier. *La revolución tecnocientífica.* Madrid: Fondo de la Cultura Económica de España, 2003.
- Griffon, Michel. *Evolution des échanges agricoles et alimentaires mondiaux.* Midi-Pyrénées (France): Communauté de Communes de Bastides & Vallons du Gers avec la Mission Agrobiosciences, 2003.
- _____. *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte.* Paris : Odile Jacob, 2006.

- Hottois, Gilbert. *Philosophie des sciences, philosophies des techniques*. Paris : Odile Jacob, 2004.
- Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 2004.
- Latour, Bruno. *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*. Paris : La Découverte, 2005.
- Larrère, Raphaël. "Agriculture: artificialisation ou manipulation de la nature?" *Cosmopolitiques* 1 (2002) : 158-173. <https://archive.boullier.bzh/cosmopolitiques_com/cosmopolitiques_com_archive_boullier_bzh_RLarr%C3%A8re%20n%C2%B01.pdf>
- Larrère, Catherine y Raphaël Larrère. *Penser et agir avec a nature. Une enquête philosophique*. Paris : La Découverte, 2015.
- Littre, Emile. *Dictionnaire de la langue française*. 1889. <<https://www.littre.org/>>
- Mazoyer, Marcel y Laurence Roudart. *Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*. France : Du Seuil, 2002.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides*. 2003. <<http://www.fao.org/agriculture/crops/themesprincipaux/theme/pests/pm/code/fr/>>
- _____. *Environnement et agriculture (COAG 2007/6)*. 2007. <http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsb-search/gsb-iframe/en/?dmurl=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Funfao%2Fbodies%2Fcoag%2Fcoag20%2Findex_en.htm>
- Parmentier, Bruno. *Nourrir l'humanité. Les grands problèmes de l'agriculture mondiale au XXI^e siècle*. Paris : La Découverte, 2009.
- Regnault-Roger, Catherine. "Protection des cultures et révolutions agricoles". *Les révolutions agricoles en perspective*. Dir. H. Regnault, X. Arnauld de Sartre et C. Regnault-Roger Paris : France Agricole, 2012. 95-114.
- _____. *Produits de Protection des Plantes. Innovation et Sécurité Pour une Agriculture Durable*. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 2014.
- Regnault-Roger, Catherine, Philogène, Bernard y G. Fabres. "Évolution des insecticides organiques de synthèse". *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et*

l'environnement. Dir. C. Regnault-Roger. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 2005. 15-43.

Robin, Marie-Monique. *Le monde selon Monsanto. De la dioxine aux OGM, une multinationale qui vous veut du bien*. Paris : La Découverte, 2009.

Robin, Marie-Monique. *Notre poison quotidien. La responsabilité de l'industrie chimique dans l'épidémie de maladies chroniques*. Paris : La Découverte, 2011.

Serres, Michel. *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra, 1998.

_____. *La guerre mondiale*. Paris : Le Pommier, 2011.