

Modernidad tecnológica en la producción de alimentos: ¿otro campo es posible?

Technological modernity in food production: is another field possible?

Joaquín Huitzilihuitl CAMACHO VERA

Universidad de la Sierra Sur – Oaxaca, México

camachovera@yahoo.com.mx

BIBLID [ISSN 2174-6753, Vol.23(1): a2310]

Artículo ubicado en: encrucijadas.org

Fecha de recepción: 13 de octubre de 2022 || Fecha de aceptación: 17 de junio de 2023

Resumen

Dentro del actual sistema mundo el alimento es considerado como mercancía que interesa por su potencial para producir utilidades. Es importante cuestionarse si existe la posibilidad de modificar la organización de los sistemas agroalimentarios a fin de resolver la presente crisis alimentaria. Este trabajo analiza la modernización de la producción de alimentos y la lógica de la incorporación de innovaciones tecnológicas durante ese periodo. Se afirma que las tecnologías que se han propuesto para resolver la crisis alimentaria, al nacer en el seno mismo de la modernidad capitalista, siguen la misma racionalidad económica, por lo que su implementación no modificaría la esencia de los problemas. La historia de la incorporación de los avances tecnológicos en la agricultura muestra una continuidad hacia un modelo que produce mercancías y no alimentos. Se concluye que la competitividad no es una premisa adecuada para un modelo alimentario alternativo. Las innovaciones tecnológicas no han contribuido a resolver los problemas actuales más acuciantes y no se prevé que aborden los retos futuros de la alimentación global. Es precisamente la confianza ciega en la razón científica la que ha contribuido a la generación de los mismos problemas que se tratan de resolver.

Palabras clave: sistemas agroalimentarios, crisis alimentaria, innovaciones tecnológicas, mercancías, modernidad capitalista.

Abstract

In the current world system, food is considered as a commodity of interest for its potential to produce profits. It is important to question whether it is possible to modify the organization of agrifood systems in order to solve the current food crisis. This paper analyzes the modernization of food production and the logic of the incorporation of technological innovations during this period. The text states that the technologies that have been proposed to solve the food crisis, being born in the very heart of capitalist modernity, follow the same economic rationality, so that their implementation would not change the essence of the problems. The history of the incorporation of technological advances in agriculture shows a continuity towards a model that produces commodities and not food. It is precisely the blind trust in scientific reason that has contributed to generate the very problems that are trying to be solved.

Keywords: agrifood system, food crisis, technological innovations, commodities, capitalist modernity.

Destacados

- Los sistemas alimentarios están condicionados por la lógica del sistema mundo.
- Un sistema agroalimentario centrado en el mercado no produce alimentos sino mercancías.
- Los sistemas tecnológicos modernos no son adecuados para la producción de alimentos.
- Otra forma de producir alimentos hace necesario un cambio profundo en la ética de la producción.
- Un nuevo modelo agroalimentario necesita una racionalidad para la vida.

Cómo citar

Camacho Vera, Joaquín Huitzilihuitl (2023). Modernidad tecnológica en la producción de alimentos: ¿otro campo es posible? *Encrucijadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales*, 23(1), a2310.

1.Introducción

La producción de alimentos en la actualidad puede y debe entenderse dentro del contexto del análisis del sistema mundo (Wallerstein, 1979) en el que nos encontramos y de las características de su etapa más reciente. Un sistema mundo capitalista que, si bien parece estar en una etapa crítica irreversible, puede permanecer vigente aún durante varias décadas o perpetuarse a partir de una transformación sustancial que permita la continuidad de su estructura y de la hegemonía de su discurso modernizador. En este sentido la producción mundial de alimentos está totalmente dominada por la intención última de la mercantilización y de la maximización de la ganancia, es decir, el alimento es visto exclusivamente como una mercancía más, de la que se pueden obtener altas rentabilidades y que interesa a los capitales financieros en tanto tengan precios altos en los mercados internacionales. Para los grandes especuladores no es relevante ni el cultivo, ni el lugar de su producción, ni las propiedades nutricionales del alimento si no se ven reflejadas en la posibilidad de obtener altos márgenes de ganancia. Domina pues una ética de la rentabilidad y el alimento deja de entenderse como algo bueno para consumir y para dar continuidad a la vida. Pierde interés todo posible valor de uso y se magnifica la importancia de su valor de cambio que favorece la reproducción del capital y el plusvalor del que se apropian un número reducido de empresas.

En el último periodo del capitalismo, al que se ha denominado neoliberalismo, este carácter de mercancía se ha acentuado aún más de la mano de la globalización de los mercados. La posibilidad de obtener ganancias, no sólo con la producción real sino con la producción potencial, a partir de la creación de mercado de futuros, permite a los capitales incidir sobre la materialización de la producción y sobre los precios de alimentos que aún no existen. Guiados por una racionalidad puramente económica, la escasez y los precios altos futuros son una garantía de ganancia y poco importa que estos mismos aspectos produzcan como consecuencia la malnutrición, el hambre e incluso la muerte de habitantes del mundo de naciones que no pudieron tener acceso a esos alimentos encarecidos de manera artificial. La posibilidad de especulación y el desarrollo de las tecnologías de la comunicación hacen posible que enormes capitales se desplacen de un sector a otro en poco tiempo y con solo el uso de un equipo de cómputo o de telefonía celular.

En este contexto es de vital relevancia cuestionarse si existe la posibilidad de modificar esta dinámica del sector alimentario a fin de que se puedan resolver los problemas sustanciales de la producción de alimentos en el mundo. Situación que ha configurado una crisis alimentaria global caracterizada por la malnutrición de amplios sectores de la sociedad, los riesgos a la salud por el consumo de alimentos con pesticidas residuales, dependencia alimentaria en los países del sur geopolítico, daños irreversibles a los sistemas ecológicos, entre otras situaciones fundamentales que se tienen que resolver.

Hay una idea de que el progreso científico y su incorporación a la agricultura a modo de avance tecnológico podría posibilitar la resolución de los graves problemas actuales y de los retos futuros de la alimentación global. Sin embargo, es precisamente la confianza en esta inteligencia ciega (Morin, 1988) de la modernidad la que ha contribuido a la generación de los problemas que se tratan de resolver.

Como lo afirma Massarini (2020), en el imaginario social se impone una imagen que describe a la ciencia y la tecnología como actividades neutrales, imparciales y racionales; necesarias para conseguir el ansiado progreso. Este cariz impoluto que trata de adjudicarse a la ciencia es uno de los "pilares de la modernidad, parte vital del aparato ideológico del capitalismo", dado que "la ciencia y la tecnología son piezas fundamentales para su sostenimiento, reproducción y expansión" (Massarini, 2020).

Dicha confianza ciega surge de la premisa positivista de la posibilidad de separación entre la realidad observada y el sujeto que la observa, lo que da pie a la pretendida neutralidad de ciencia. Sin embargo, la ciencia está inexorablemente vinculada a la política, al poder económico y a la toma de decisiones en la sociedad.

Los científicos a menudo dependen de financiamiento estatal y privado para llevar a cabo sus investigaciones, lo que puede influir en sus objetivos y enfoques. Además, los resultados científicos generados frecuentemente se utilizan para apoyar o desafiar ciertas políticas o agendas políticas. Es decir, la ciencia es construida socialmente y por lo tanto los científicos son influidos por factores sociales, políticos y culturales en su investigación y en la manera en que interpretan sus resultados (Latour, [1991] 2007; 1992). Más aún, Los científicos trabajan en comunidades específicas y están influenciados por las normas y valores de esas comunidades y, por tanto, por sus sesgos ideológicos. Tal como afirma Khun, mientras el paradigma principal prevalezca es prácticamente imposible el surgimiento de un nuevo paradigma epistemológico (Khun, [1962] 1971).

En este sistema mundo capitalista, tanto los paradigmas científicos como las comunidades que los construyen están completamente imbuidos por la premisa principal del modelo socioeconómico, la maximización de la ganancia económica, y todos sus esfuerzos sirven a este fin último. Los paradigmas contestatarios alternativos se construyen en los márgenes y en las periferias tanto geopolíticas como epistemológicas y, por tanto, su capacidad de influir sobre el paradigma sociotécnico vigente es prácticamente nula.

En ese mismo orden de ideas, es pertinente resaltar que las tecnologías son construcciones sociales al igual que las sociedades son construcciones tecnológicas (Thomas, 2008); es decir, que los sistemas tecnológicos y sociales retroactúan uno sobre el otro a lo largo del tiempo y se reconfiguran mutuamente de acuerdo con la importancia o volumen de dichas retroacciones. Así pues, las tecnologías que se pretende resuelvan los problemas de la crisis alimentaria nacen en el seno mismo de la moder-

nidad capitalista y siguen, por tanto, la misma lógica enfocada a la maximización de las ganancias por lo que su implementación no modifica la esencia de los problemas estructurales, sino que los refuerza y se continua con las mismas tendencias seculares.

En este documento se describe la incorporación de los avances tecnológicos que se han realizado en la agricultura, así como las tendencias actuales. Para lograr dicha descripción se realizó un amplio análisis de documentos académicos que abordan los cambios ocurridos en la producción de alimentos en el mundo y la incorporación del conocimiento científico y la tecnología en distintos periodos de tiempo. Los textos fueron seleccionados por su capacidad para contribuir a la discusión y por el aporte en cuanto a datos sobre la innovación tecnológica en la agricultura. El trabajo trata de responder la pregunta de investigación sobre si es posible la modificación del actual modelo alimentario a fin de revertir los impactos socioambientales que configuran la actual crisis alimentaria. Para tal fin, se hace uso de la categoría de sistema mundo y modernidad como principales elementos de análisis. Con la discusión que se hace se trata de demostrar que los distintos cambios tecnológicos nos son paradigmas nuevos, sino que forman parte de la misma ciencia normal que obedece a la lógica principal del sistema actual. Se discute, bajo la óptica de las tecnologías apropiadas, si las innovaciones presentes y prospectivas se insertan bajo una lógica distinta a la que han seguido hasta el momento para inferir su capacidad de contribuir a la solución de los problemas de la crisis alimentaria. Se esbozan también algunas de las características esenciales que debería tener un modelo alimentario para hacer posible otro tipo de campo.

2. La modernización de la producción de alimentos

La civilización global, entendida como sistema mundo capitalista, se encuentra al final de una época. En este fin de sistema mundo se da una situación de metaestabilidad de la cual partirán bifurcaciones que conducirán a futuros aun no reconocibles. Como lo explica Wallerstein, los sistemas-históricos tienen un comienzo, un largo período de reproducción incesante más o menos estable y un fin (Grosfoguel, 2006; Wallerstein, 1999).

El sistema mundo capitalista, que inició a finales del siglo XV y principios del XVI (Braudel, 1986; Arrighi, 1999), muestra evidencias de un agotamiento derivado de una crisis sistémica conformada por varias dimensiones: medioambiental, energética, migratoria, bélica, económica y alimentaria. Las distintas dimensiones de la crisis capitalista están interconectadas y son, en conjunto, resultado de lo que se reconoce como crisis civilizatoria (Bartra, 2013). Sin embargo, la que nos atañe en particular es

la que está relacionada con la producción de alimentos. ¿Cuáles son los signos reconocibles de esta crisis de época en cada una de sus dimensiones? ¿Cuáles son los elementos que configuran esta crisis?

En cuanto al medio ambiente es incuestionable el gran problema que representa para nuestra civilización el cambio climático, la acelerada desaparición de especies y de ecosistemas completos, la sequía galopante y la disminución de la disponibilidad de agua, solo por citar algunos elementos críticos.

La crisis energética es también evidente. El desabastecimiento de petróleo y gas, y el encarecimiento de la energía eléctrica son reflejo de la dependencia que el capitalismo tiene por este insumo. La sociedad capitalista es una sociedad adicta al petróleo y como tal hará lo necesario para conseguirlo.

Hambre y malnutrición son producto de la crisis alimentaria. A pesar de que en el mundo se produce el volumen más que suficiente para alimentar a la población global, en casi todos los espacios geográficos del planeta podemos encontrar pobres alimentarios. Aun en los países considerados centros desarrollados o en las pujantes nuevos polos emergentes como China o India.

La otra porción de la sociedad que sí tiene acceso a alimentos en cantidad relativamente suficiente satisface esta necesidad con alimentos con altas cargas residuales de agrotóxicos y otras moléculas usadas en su producción a gran escala (insecticidas, herbicidas, fungicidas, antibióticos, hormonas, colorantes, saborizantes, etcétera). Cada una de estas sustancias se relaciona con múltiples afectaciones a la salud humana. Desde la antropología alimentaria a esto se la ha reconocido como el *festín envenenado* (Fischler, 2010), haciendo alusión a la variedad y cantidad de alimentos disponibles para determinadas sociedades y estratos, pero también a su potencial para generar daños a la salud. Estas afectaciones sobre la salud han sido probadas en mayor o menor medida, aunque este conocimiento no ha sido suficiente para detener su uso. O más bien, el paradigma dominante ha hecho uso de sus mecanismos de poder para ocultar y menospreciar las evidencias que no forman parte de su núcleo epistémico. Un ejemplo de estos mecanismos de poder es el caso emblemático de la publicación del artículo del biólogo molecular francés Gilles-Éric Séralini, publicado en *Food and Chemical Toxicology* en septiembre de 2012, que presentaba evidencias sobre la capacidad carcinogénica del glifosato. A pesar de la negativa del autor de retirar su artículo, la publicación presionada por parte de la comunidad científica y por la empresa que fabricaba el herbicida, decidió retractarse de su aceptación con lo cual se desacreditó el estudio y se lograron desvirtuar los resultados (Piron y Varin, 2015).

Nos encontramos ante el dominio corporativo del sistema alimentario. En 2019 diez empresas controlaban el 99,9% del mercado minorista de alimentos, cuatro empresas controlaban el 90% del comercio mundial de granos, cuatro empresas controlaban el 67% del comercio mundial de semillas y cuatro empresas controlaban el 70% del

mercado mundial de agroquímicos (Mooney, 2019). Ante la pregunta de quién decide lo que comemos y quien decide como producimos lo que comemos estos números hacen evidente la respuesta: las corporaciones alimentarias.

Dependencia energética del sector agroalimentario. El modelo agroindustrial para la producción de alimentos demanda un alto consumo energético que obtiene de la petroquímica. Lo necesita para arrastrar enormes maquinas, para desplazar los productos grandes distancias y para sintetizar fertilizantes con altos contenidos de nitrógeno. Al igual que el capitalismo en general, la agricultura moderna tiene una dependencia adictiva de los combustibles fósiles.

Degradación de los sistemas naturales, Agua, suelo y biosistemas. En el caso del suelo, se dan procesos de compactación y pulverización que generan pérdida de fertilidad y erosión. El agua se utiliza de manera ineficiente y se contamina con pesticidas y fertilizantes químicos. Además, los sistemas naturales se ven presionados por la intensidad en el uso de los recursos o porque se rompen los equilibrios ecosistémicos.

¿Cómo fue que llegamos a esta situación? La respuesta tiene que ver con que, dentro del capitalismo, los sistemas alimentarios se han configurado y reconfigurado para producir ganancias y no para producir alimentos. En esencia los sistemas alimentarios mundiales no producen alimentos sino mercancías. Así pues, conforme el sistema mundo fue avanzando en el tiempo, se fue modificando la estructura del sistema alimentario, los actores y las relaciones; a fin de que se adaptaran de mejor manera a la reproducción del capital. Ese mismo ha sido el sentido que ha seguido la incorporación de innovaciones tecnológicas a lo largo de los últimos siglos.

Los sistemas productivos con los cuales se producen los alimentos se han configurado en función de los intereses del sistema capitalista ,dando así origen a una estructura, organización y componentes que responden en su totalidad a la lógica de dicho sistema mundo. Cada periodo de desarrollo del capitalismo ha estado dominado por ciertos mecanismos preferidos de acumulación a los cuales se ciñen los restantes componentes y relaciones que conforman la estructura del sistema. En este sentido, componentes tecnológicos, actores y relaciones de poder se han entrelazado bajo los dictados de la teleología del sistema y retroaccionan entre sí, dando un sentido y una trayectoria a todo el sistema alimentario que no es otra que la que marca el sistema capitalista a todos sus subsistemas en función de su principal variable de estado: el exacerbado deseo de ganancia.

Durante el siglo XIX, la modernidad como utopía avanzó en buena parte de las sociedades del mundo de la mano del colonialismo y del dominio que ejercían las potencias occidentales sobre buena parte de la superficie del globo. Esta modernidad comenzó a influir sobre dos aspectos fundamentales en la producción de alimentos: el ideario de lo que era bueno para comer y para beber y sobre la forma correcta de producir y comercializar los alimentos. Es en las últimas décadas del siglo XIX que los avances

científicos comienzan a influir de manera significativa en la forma de producir alimentos, pero también, y no de manera menos sutil, en la apreciación subjetiva de la sociedad sobre las cualidades de los alimentos.

Derivado de los avances tecnológicos de la revolución industrial y del predominio del discurso científicista, fue ganando terreno un ideario en el cual la incorporación de progreso científico en la producción agrícola se entendía como lo más pertinente y no fue cuestionado en cuanto a sus consecuencias. A partir de ese momento la industria alimentaria propugnó por una estandarización de los procesos de elaboración de sus productos, tratando de lograr una calidad que, centrada en el uso de la tecnología moderna, fuera garante de inocuidad. En este modelo de modernidad, el ser humano fue cada vez más ajeno a la producción de lo que consumía, con un desconocimiento de su origen real, los procedimientos y las técnicas empleadas para su producción, conservación, almacenamiento y transporte (Contreras, 2002).

El paradigma tecnológico moderno ha tratado de deslocalizar su producción a fin de lograr la expansión de los mercados, la minimización de costos y la maximización de ganancias. Durante muchos siglos, los cultivos y la agricultura en general estuvieron sujetos a las condiciones orográficas de las regiones en las que surgieron y con las que coevolucionaron a lo largo de los siglos. Su forma de producción y la tecnología vinculada a ese proceso tenía un desarrollo y adecuación de cientos e incluso miles de años, y se transfería y modificaba dentro de los núcleos culturales de las comunidades campesinas. En este sentido, territorio, ambiente, comunidades y cultivos habían tenido una relación indisoluble que, si bien no era estática, para poder modificarse y translocarse era necesario un conjunto de complejas relaciones de comercio y experiencias de cultivo de prueba y error. Sin embargo, estos aspectos que habían sido un obstáculo para la expansión de la modernidad alimentaria fueron superados gracias a la incorporación de avances científicos producto de la revolución industrial y de la reorganización de la sociedad con la expansión de la cultura capitalista.

Desde finales del siglo XIX y con mucha mayor fuerza y alcance durante las primeras décadas del siglo XX los sistemas campesinos fueron desplazados de manera vertiginosa por sistemas agroalimentarios centrados en modelos intensivos que se rigieron a partir de ese momento bajo principios de productividad, eficiencia y máxima ganancia. Rápidamente, de la mano del crecimiento de las ciudades y los mercados urbanos que demandaban alimentos baratos, la producción local obtenida bajo lógicas campesinas de autoabastecimiento y venta de excedentes fue desplazada como proveedora de alimentos por una producción empresarial-industrial interesada en la mercantilización de la comida y no en la alimentación de las sociedades urbanas. De manera más temprana en los centros y de forma más tardía en las periferias, el avance de la modernidad erosionó, en algunos casos hasta su desaparición, a los sistemas campesinos que servían como proveedores de alimentos para los distintos espacios del globo.

3. La modernización de la agricultura, tecnologías para la intensificación de la producción alimentaria

El inicio del proceso de modernización histórico se ha situado en las postrimerías del siglo XV (Dussel, 1994). Así, es posible afirmar que la modernización de la agricultura, como una de sus dimensiones, también se inició en esa época. La modernidad y el capitalismo están profundamente imbricados, y se corresponden como complementarios. En el caso de la agricultura, su modernización inicia en el momento en que las unidades campesinas cambian su lógica de producción de la sustentación familiar a la satisfacción de los mercados.

Anteriormente, la agricultura no moderna tenía como objetivo principal la producción de alimentos suficientes para alimentar a la unidad familiar que estaba asociada a una determinada cantidad de tierra. Si había excedentes, estos se almacenaban como medida de seguridad para eventuales periodos de baja producción y, solo si la producción era excepcional, se destinaba parte del excedente al mercado. Sin embargo, el desarrollo de los mercados urbanos modernos impulsó la necesidad de abastecerlos y modificó la cultura campesina. Las unidades campesinas premodernas eran prácticamente autárquicas, y producían todo lo necesario para su operación. Sin embargo, poco a poco los productos de la industria urbana se fueron haciendo necesarios para la propia unidad campesina e incrementaron la necesidad de dinero, y con ello la necesidad de concurrir a los mercados (Kautsky, [1899] 1977). En estos mercados el agricultor debía ajustarse a satisfacer la demanda de grandes cantidades de un alimento determinado y se vio obligado a aumentar su eficiencia productiva a partir de la mecanización lo que dio pauta al monocultivo y su posterior generalización (Power y Follett, 1987).

El monocultivo se refiere a la práctica agrícola de cultivar una sola especie vegetal en grandes extensiones de tierra. Al igual que otros aspectos de la agricultura moderna, el monocultivo como técnica generalmente se asocia con el desarrollo de la economía industrial a partir del siglo XIX, las políticas agrícolas nacionalistas de autosuficiencia alimentaria en Europa a principios de siglo XX (Uekoetter, 2011) o con la generalización del modelo de la Revolución Verde en la segunda mitad del siglo XX. No obstante, se encuentran ya prácticas de monocultivo en fechas tan tempranas como el siglo XVI ligadas a la organización colonial. En buena parte de América Latina y Europa, se implantaron monocultivos destinados a la exportación desde las metrópolis hacia las colonias. Así pues, cacao, tabaco, café, jengibre y caña de azúcar se sembraron como cultivo único en amplias superficies (López y del Río, 1992; Tamm, 1999; Cosio y Morett, 2022).

El monocultivo se convirtió en el modelo predominante en la agricultura durante las primeras décadas del siglo XX. Al igual que en el modelo agroexportador del siglo XVI, fue impulsado por el deseo de maximizar la ganancia. No obstante, el monocultivo promovido en la agroexportación colonial se limitaba a la producción de artículos de

lujo para las élites coloniales. Fue hasta el siglo XX cuando se generalizó como modelo en la producción de alimentos básicos de la mano de otros cambios tecnológicos en la producción agrícola.

La primera ola de incorporación de progreso técnico moderno se hizo presente en Norteamérica y el centro y norte europeo a partir de 1870. El mayor conocimiento sobre la geología del suelo y la importancia de la nutrición mineral condujo a la modificación de los procesos de fertilización, sustituyendo la incorporación de estiércol por el uso de fertilizantes de origen mineral y guano importado desde Sudamérica. Esta innovación tuvo por objetivo aumentar la productividad de la tierra a fin de enfrentar la demanda creciente de alimentos de los mercados urbanos de Alemania, Dinamarca, Francia, Estados Unidos y los Países Bajos, que tenían que ser necesariamente baratos para posibilitar, con salarios bajos, el sostén de la creciente clase obrera de las ciudades industriales. Los países con una menor disponibilidad de tierras aumentaron su frontera agrícola a partir del uso intensivo de fertilizantes naturales en primera instancia y sintéticos a partir de mediados de la última década del siglo XIX (Van Zanden, 1991).

Con el uso de fertilizantes importados desde Sudamérica se modificó totalmente el sistema agrícola europeo. Pasó de ser un sistema con un ciclo cerrado, que re-circulaba nitrógeno a nivel local entre campo y ciudad, y se re-configuró como un sistema abierto altamente dependiente del nitrógeno que provenía de lugares lejanos (Melillo, 2012). Por ejemplo, el guano era extraído a partir de la explotación extrema de mano de obra local en Chile y Perú. Sin embargo, a medida que la demanda de fertilizantes aumentó en el siglo XX, la explotación del guano se hizo insostenible debido a la sobreexplotación. Además, el transporte del guano desde áreas remotas también era costoso.

En 1909, se desarrolló el proceso para sintetizar amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico. Este proceso, conocido como el proceso Haber-Bosch, permitió la producción a gran escala de amoníaco, que se convirtió en la base para la fabricación de fertilizantes sintéticos. Durante la Primera Guerra Mundial, el proceso Haber-Bosch se utilizó para producir explosivos, pero después de la guerra, la industria de la fertilización comenzó a utilizar el proceso para producir fertilizantes nitrogenados. El uso de fertilizantes sintéticos se expandió en la década de 1950, cuando la tecnología se desarrolló para producir fertilizantes que contenían nitrógeno, fósforo y potasio, los nutrientes principales necesarios para el crecimiento de las plantas.

La mecanización de algunas de las operaciones agrícolas se inició también a finales del siglo XIX, sin embargo fue de menor relevancia para el aumento de la productividad del campo. Desde mediados del siglo XIX, tanto en Europa como en Estados Unidos se realizaron mejoras en los arados, pero sobre todo se avanzó en la fabricación e incorporación de implementos agrícolas como sembradoras, segadoras, trilladoras y

cosecadoras. No obstante, su asimilación y la generalización de su uso a gran escala no ocurrió hasta principios del siglo XX (Rasmussen, 1982; Van Zanden, 1991). Una de las razones para el avance lento de la mecanización se relacionó con el elevado nivel de inversión requerida. No obstante, situaciones circunstanciales como la escasez de mano de obra, obligaron a los productores a recurrir a la mecanización dado que estas tecnologías disminuían el consumo de tal factor. De esta manera, la necesidad de recuperar la inversión encadenó a los productores a la implementación de una agricultura comercial y los sometió a condicionamientos de los bancos y los intermediarios (Rasmussen, 1982).

El uso de motores de vapor en la agricultura tuvo poca aceptación dado su peso y sus complicaciones tecnológicas. Fue en la operación de trilla en la que se fabricaron mayor cantidad de máquinas movidas por vapor. La fabricación y uso de motores de vapor no fue tan prominente y se realizó hasta finales de la primera década del siglo XX cuando dio comienzo el dominio de los motores de gasolina (Rasmussen, 1982).

El uso de pesticidas para el control de plagas en la producción agrícola también se intensifica durante la segunda mitad del siglo XIX. Si bien, en la edad antigua hay antecedentes históricos del uso de azufre, vinagre y otro tipo de compuestos, el uso a gran escala de este tipo de sustancias está relacionado con la agricultura capitalista comercial que se consolidó en Estados Unidos y Europa. Desde la década de los 60 del siglo XIX, se inicia con el uso de compuestos sintéticos elaborados con metales pesados (NRC, 2000; Abubakar et al., 2020). En particular se destacó en uso de compuestos de arsénico que fueron utilizados de manera masiva en la producción de papa y algodón entre otros cultivos (NRC, 2000).

Respecto al uso de pesticidas es necesario hacer una consideración especial en cuanto a la lógica de su utilización. Es importante preguntarse ¿por qué razón se consideró plausible la incorporación de venenos en los alimentos? No hay nada más contraintuitivo que la idea de adicionar una sustancia que se sabe tóxica a algo que alimentará a una persona. La respuesta viene nuevamente de la mano de la lógica comercial: se adicionaron venenos a los cultivos a fin de evitar los robos —como en el caso de la vid en algunas partes de Europa (Matthews, 2018)—, para disminuir las pérdidas por plagas, y, por ende, aumentar las utilidades. En pocas palabras, al imponerse la lógica de la ganancia sobre la ética para la vida se volvió aceptable adicionar venenos a productos para consumo humano. Además, ese consumidor hipotético, cada vez era más lejano tanto en el espacio como en su conocimiento sobre el origen y la calidad del alimento. Desde ese momento, el uso de venenos llegó para quedarse.

A mediados del siglo XX se incorpora el uso de plaguicidas orgánicos sintéticos. A principios de la década de los sesenta del siglo XIX se sintetiza por primera vez el DDT, pero no es hasta finales de la década de los años treinta del siglo XX que se descubre su capacidad insecticida. Será empleado ampliamente hasta la década de los

sesenta en la que fue remplazado por los insecticidas organofosforados y carbamatos (Oberemok et al., 2015). La lógica de su uso es la misma que los inorgánicos, pero su peligrosidad es aún mayor dada su capacidad de acumulación en tejidos animales y de impactar seriamente los ecosistemas por su capacidad de acumularse en agua y suelo y de afectar a organismos no objetivo. La información sobre sus efectos se tenía clara, algunos de ellos habían sido usados durante la Segunda Guerra Mundial, pero estos aspectos se ignoraron dada su capacidad para evitar pérdidas económicas.

Desde la década de los sesenta, se ha venido discutiendo sobre la peligrosidad del uso de insecticidas sintéticos, lo que ha llevado a la regulación y restricción de su uso. No obstante, las corporaciones encargadas de su producción han tratado de sortear estas restricciones y fomentar la masificación de su uso, a pesar de la evidencia sobre los riesgos para la salud y el medio ambiente. De este modo, se ha establecido un patrón cíclico en el que la industria de pesticidas intenta mantener sus productos en el mercado el mayor tiempo posible, desacreditando y minimizando la evidencia del daño ambiental y los riesgos para la salud humana. Y si estas tácticas eventualmente fracasan y los productos son prohibidos en el mundo desarrollado, la industria los reemplaza con nuevos productos y continúa vendiendo los antiguos en países en desarrollo.

Para principios del siglo XX se incorpora y populariza el uso de motores de combustión interna. La introducción de este tipo de motores favorece la utilización de maquinarias de gran tamaño que disminuye el tiempo de las labores y que aumenta la productividad de la mano de obra. Esto provocó un aumento de los costos fijos. En general, el incremento de los costos fijos ha generado un efecto de segregación pues sólo quienes tienen la capacidad de cubrir esta barrera de entrada pueden participar con éxito en la actividad agrícola comercial.

Durante las primeras décadas del siglo XX, se llevaron a cabo grandes obras de ingeniería a fin de construir enormes sistemas de irrigación que permitieron aumentar la frontera agrícola a partir de la incorporación de grandes porciones de terrenos que estaban sujetos a la precipitación estacional. Los grandes proyectos de irrigación estuvieron impulsados por el desarrollo del bombeo a partir del uso de motores cada vez más potentes que hacían posible la extracción de agua a mayores profundidades y su envío a presión a mayores distancias. Bajo esa misma lógica, se diseñaron gigantes sistemas de aspersión que necesitaban ser impulsados por motores. La creación de superficies irrigadas bajo condiciones de poca pendiente supuso la condición previa para la siguiente y más significativa ola tecnológica: la Revolución Verde.

El término Revolución Verde comenzó a utilizarse en la década de los sesenta para referirse a un conjunto de innovaciones que se incorporaron a la producción agrícola de alimentos y que tuvieron como consecuencia un fuerte incremento en el rendimiento de los cultivos, en particular en granos básicos como trigo, maíz y arroz. El nuevo

modelo productivo estuvo impulsado primordialmente por los resultados de la investigación en genética que condujeron a la obtención de variedades mejoradas de trigo y arroz.

En 1943 la fundación Rockefeller impulsó en México la creación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMyT) para realizar investigación genética con miras a mejorar las características del cultivo de trigo a fin de que tuviera mejores rendimientos y a su vez que brindara mejores condiciones para el uso de maquinaria en las distintas labores agrícolas necesarias y se adaptara mejor a la agricultura comercial (Davies, 2003; Pichardo, 2006; Cecon, 2008). Las innovaciones que caracterizaron a la Revolución Verde se conjuntaron en un paquete tecnológico que incorporaba, además del uso de semillas mejoradas, el uso de fertilizantes sintéticos, maquinaria impulsada por motores de diésel y gasolina, así como el uso de pesticidas derivados de la química orgánica.

Los resultados de la llamada Revolución Verde no fueron sólo los significativos incrementos en el rendimiento de los cultivos básicos, sino también una serie de cambios políticos, económicos y sociales en el ámbito agrícola rural de lo que se consideraba entonces el "Tercer Mundo". Para América Latina y Asia representó también la consolidación de la penetración de la agricultura comercial occidental que se había estado gestando en las décadas pasadas y el inicio de un dominio alimentario por parte de los Estados Unidos (Cleaver, 1972). Como parte de lo anterior, se fue consolidando el dominio de las grandes corporaciones de semillas y agroquímicos sobre los sistemas alimentarios locales. La decisión sobre que cultivar y cómo cultivarlo dejó de ser una decisión del campesino y estuvo condicionada por la recomendación del extensionista, en función de la oferta de variedades de cultivos y productos generados por las grandes empresas transnacionales. Dado que el monocultivo es, bajo este paradigma, la forma más eficiente de organizar la producción en los distintos territorios se fue erosionando de manera importante el acervo genético que se había construido a lo largo de miles de años de agricultura campesina. Como consecuencia de la pérdida de diversidad genética la agricultura moderna se hizo más vulnerable a la presencia de plagas y enfermedades.

El modelo de la Revolución Verde se convirtió en el paradigma sociotécnico hegemónico para la producción de alimentos. La globalización reforzó la característica de la agricultura como una actividad con fuertes dependencias de insumos derivados de la industria química y petroquímica. Pero más allá de eso, desligó el consumo de la producción, y esto pudo hacerlo también con el apoyo de nuevas incorporaciones tecnológicas en la postcosecha y en la transformación de los productos agropecuarios.

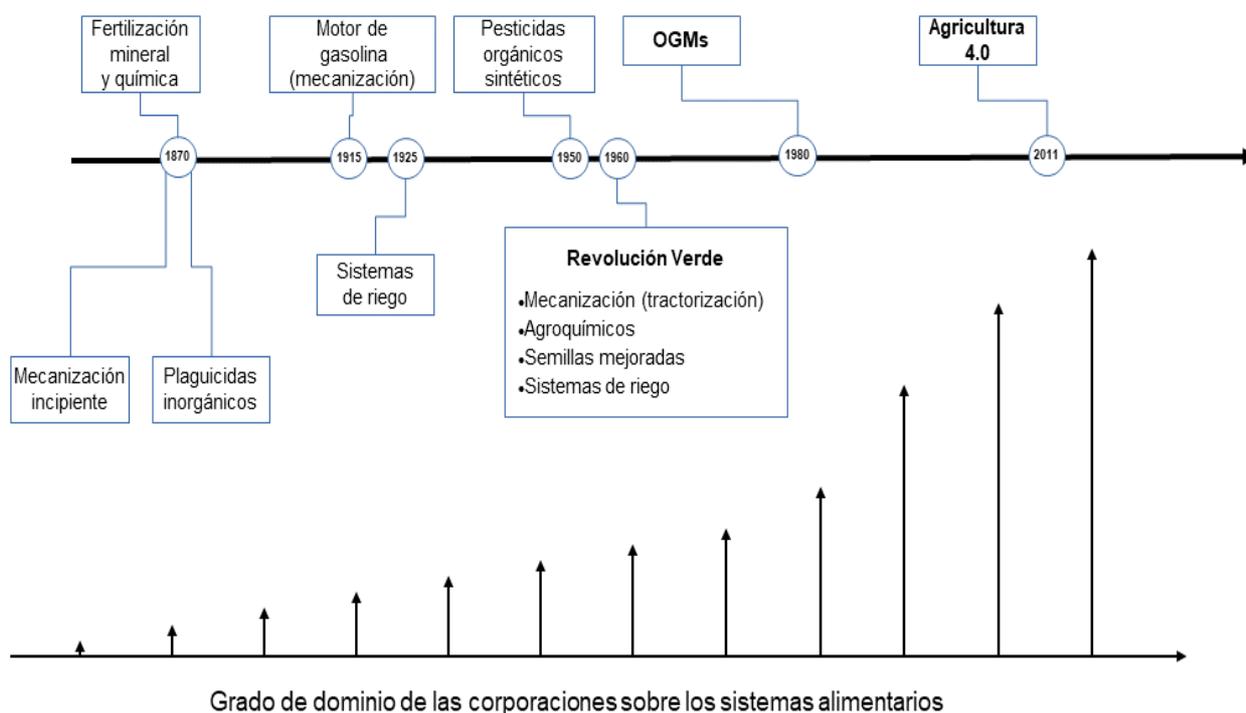
La liberalización de los mercados mundiales de comercio de alimentos durante el último tercio del siglo XX, aunada a la irrupción de los capitales financieros en el sector, hicieron aún más profundo el dominio las corporaciones sobre los sistemas alimenta-

rios mundiales (Figura 1). Lo que puede desprenderse de esta línea de tiempo que analiza la incorporación tecnológica en la agricultura es que ésta ha estado totalmente condicionada por el avance y penetración del capitalismo y de su posterior proceso de mundialización. En suma, todos los elementos tecnológicos incorporados obedecen a su principal característica teleológica que es la reproducción del capital, que soslaya e incluso se contrapone con la naturaleza primera del alimento como sostén de la vida.

4. Tendencias y cambios tecnológicos recientes en la agricultura

Uno de los hitos tecnológicos más recientes en el campo de la agricultura se corresponde con la incorporación de la ingeniería genética para el diseño de cultivos con determinadas características de interés. Durante la década de los setenta del siglo XX se realizaron importantes avances en el entendimiento del ADN y se diseñaron tecnologías que hacían posible la incorporación de información genética en células vivas. Se considera que, nunca como antes en la historia de la agricultura moderna, una tecnología se incorporó tan rápido como la biotecnología (Khush, 2012). A finales de la década de los años ochenta se había conseguido con éxito la creación de variedades de soja resistentes al herbicida glifosato a partir de la biotecnología, pocos años después los cultivos transgénicos se habían consolidado ya como el eje fundamental de la agricultura industrial (Chassy, 2007). Sin embargo, también es cierto que esta tecnología ha sido muy cuestionada y que estos cuestionamientos han llevado a algunos países a prohibir el uso de ciertos cultivos transgénicos por hallazgos científicos que los relacionan con enormes daños ambientales, sociales y a la salud (Christoforou, 2004; Spring, 2011; Turrent, 2008).

De manera más reciente se ha difundido la idea del necesario cambio tecnológico hacia la llamada tecnología 4.0 en distintos ámbitos de la esfera económica productiva. La tecnología 4.0 hace alusión a una forma de clasificar las distintas olas tecnológicas desde la revolución industrial hasta la actualidad. Así pues, la industria 1.0 se relaciona con la mecanización y el uso de máquinas de vapor de los siglos XVIII al XIX. La industria 2.0 comprendió la era de la electricidad que va desde mediados de siglo XIX hasta la Primera Guerra Mundial, caracterizada por líneas de montaje y producción en masa. Como industria 3.0 se reconoce la llegada y predominio de la automatización de los procesos desde mediados del siglo XX hasta la década de los setenta. Finalmente, la industria 4.0 hace referencia al dominio de la tecnología digital, los sistemas ciberfísicos y la interacción de humanos y máquinas a través de Internet (Lima, Camargo y dos Santos, 2019; Ríos-Ramírez, Pérez-Domínguez y Olguin, 2019). En el tiempo, esta etapa podría ubicarse desde el último cuarto del siglo XX hasta la actualidad, no obstante, el concepto surge apenas en 2011 (Figura 1).

Figura 1. Incorporación de innovaciones tecnológicas en la producción de alimentos

Fuente: elaboración propia.

La esencia de la tecnología 4.0 es la gestión del conocimiento a partir de la recopilación y análisis de datos a fin de que los procesos puedan ser más rápidos, más flexibles y más eficientes en cuanto a la calidad y los costos (Ríos-Ramírez et al., 2019). Sistemas autónomos, la inteligencia artificial, los sensores, la generación y manejo de grandes conjuntos de datos (*Big Data*), junto con la utilización del Internet para el almacenamiento y acceso de estos datos (la nube) pueden considerarse los elementos fundamentales de esta ola tecnológica.

En el caso específico de la aplicación de las tecnologías 4.0 en la agricultura, la llamada agricultura 4.0, el avance en la tecnología de sensores y telecomunicaciones son algunos de los elementos que se consideran fundamentales dado que permite el análisis en tiempo real de variables agronómicas en los cultivos. Este análisis puede encajarse con el *Big Data* a fin realizar diagnósticos e implementar los tratamientos preventivos o correctivos sobre nutrición, control de plagas y enfermedades, periodos de cosecha, pronósticos de rendimiento, entre otras acciones.

Por su parte, la inteligencia artificial tiene la posibilidad de analizar los comportamientos de los mercados y, a partir de modelos complejos multideterminados, hacer predicciones de tendencias de precios y de producción que pueden ponerse a disposición en la nube para que sean funcionales a los especuladores financieros. Sin embargo, con toda seguridad, la información relevante no será de libre acceso.

Las corporaciones tradicionales en el sector incursionan ya en la investigación y desarrollo de la agricultura 4.0. Al mismo tiempo, nuevas empresas tecnológicas no tradicionales hacen su aparición, pero serán tarde o temprano absorbidas por los enormes consorcios alimentarios.

A pesar de la muy reciente implementación de las tecnologías 4.0 en el ámbito agrícola es relativamente fácil realizar una prospectiva de los impactos que tendrá su implementación en la agricultura, muchos de ellos ya aparecen como tendencias claras y no representan rupturas sino continuidades de los comportamientos de los anteriores modelos tecnológicos. Se describen ya como consecuencias de su implementación un incremento de la concentración del sector en un aún menor número de corporaciones, una creciente dependencia tecnológica y una mayor exclusión ahora generada por el acceso selectivo al *Big Data* y por las enormes brechas tecnológicas (Mooney, 2019).

En síntesis, en la agricultura 4.0 no hay una modificación en la intencionalidad de las tecnologías. Emergen desde la misma lógica de las anteriores y, por tanto, se tendrán los mismos resultados de la "inapropiada modernización" (Kusz, 2014) pero acentuadas por la mayor profundidad y alcance del sistema mundo.

5. Otra forma de producir alimentos es necesaria ¿es posible otra agricultura?

¿Es posible, en el contexto actual, modificar los resultados negativos de la producción de alimentos? ¿Puede revertirse la crisis alimentaria? Hay una corriente de pensamiento tecnocéntrica que sostiene la idea que a partir del avance tecnológico y de la incorporación de innovaciones se pueden resolver los principales problemas y enfrentar los nuevos retos de la producción de alimentos. Sin embargo, podemos afirmar que nunca como antes los sistemas alimentarios están condicionados por la lógica del sistema mundo. Como ya se dijo, es a partir de los años ochenta, con la liberalización comercial y el advenimiento mundial del llamado periodo neoliberal, que realmente el sistema capitalista ha penetrado en todos los espacios del planeta. Por tal motivo, podemos afirmar que las nuevas tecnologías que se están impulsando en la agricultura siguen plenamente la lógica completa de este último periodo del sistema.

Los sistemas tecnológicos que se han desarrollado y que han dominado los escenarios de la producción de alimentos dentro de la modernidad no son los adecuados para una producción de alimentos desde otra ética. Por lo menos no de la manera y en el grado en que son utilizados en la actualidad. Por ejemplo, uno de los principales argumentos que se ha esgrimido para la defensa del uso de los organismos genéticamente modificados ha sido el enorme potencial que estos tienen para resolver los problemas del hambre en el mundo.

Se afirma que los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) pueden incrementar los rendimientos o incluso que representan la única alternativa contra las plagas dado el desarrollo de tolerancia a los pesticidas. Al igual que con el mejoramiento genético tradicional desarrollado durante la Revolución Verde, se han discutido sobre la posibilidad de diseñar alimentos altos en contenido de proteínas, alimentos funcionales a la salud humana, variedades resistentes a sequías, etcétera. Sin embargo, los cultivos que se han consolidado como dominantes en los actuales sistemas agroalimentarios solo garantizan la maximización de utilidades para las empresas que poseen no sólo los derechos de propiedad de las variedades sino también las de la provisión de los insumos esenciales para el correcto desarrollo de los cultivos. En este caso están, por ejemplo, los maíces bt o las sojas resistentes al glifosato, en ambos casos la tecnología genética utilizada sólo garantiza que un pesticida pueda ser usado sin afectar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo pero a costa de riesgos importantes para los sistemas naturales, para quien trabaja en los campos de cultivo y para quien consume los alimentos.

La característica esencial de un alimento para el ser humano es la de nutrir. Es decir, su valor de uso se relaciona directamente con su capacidad para sustentar la vida. Y no sólo la vida biológica individual sino la vida cultural y colectiva que forma parte de la vida plena. Si un alimento es producido bajo el único fin de la ganancia se elimina en su totalidad ese valor de uso primigenio, de ahí la posibilidad de envenenar al alimento, al ambiente, al suelo, al agricultor y al consumidor al producirlo y comercializarlo. No se cuestiona si es bueno para el consumo, sino que se valora únicamente por su capacidad de generar ganancias. En otras palabras, el valor de uso desaparece y se expresa de manera exclusiva su valor de cambio. En resumen, un sistema agroalimentario centrado en cubrir las preferencias del mercado no produce alimentos sino mercancías. Un modelo alimentario para la vida perseguiría, antes que la ganancia, la producción de alimentos sanos, nutritivos, inocuos, culturalmente apropiados y con un alto nivel de trabajo propiamente humano (Hinkelammert y Mora, 2014).

No obstante, aún con el dominio global del modelo neoliberal, se han generado procesos de resistencia que se han consolidado como movimientos contrasistémicos también de índole global. En el ámbito de la producción de alimentos esta contraposición se ha venido construyendo al cobijo de conceptos como soberanía alimentaria cuyos alcances van más allá de la productividad dado que considera la forma de producir, el sistema sociotécnico que da origen a los alimentos, las relaciones más justas en la comercialización e incluso su valoración cultural.

En este sentido, plantear otro campo y otra forma de producir alimentos implica necesariamente considerar la necesidad de un cambio profundo en la ética de la producción, es decir, la modificación de la esencia del modelo alimentario que busca la obtención de ganancia como principio fundamental. Esta modificación sería necesaria

para considerar la posibilidad de un cambio tecnológico sustancial dirigido a resolver los problemas socioambientales generados por la lógica del actual modelo. Sin embargo, el predominio de las tecnologías apropiadas a este fin no es tan sencillo dado que el reemplazo de una tecnología alternativa por una dominante no es posible si no se modifica el modelo de desarrollo en el que la tecnología dominante emergió (Javi, 2006).

La discusión desde la soberanía alimentaria es tanto propuesta de acción política como marco de referencia (Rosset y Martínez, 2014) para considerar que otras formas de producir alimentos son posibles. El concepto de soberanía alimentaria se ha consolidado durante los últimos años y se ha enriquecido hasta entender que es un derecho de los pueblos y que se consigue cuando los alimentos son accesibles, nutritivos, producidos de manera sustentable y, además, culturalmente apropiados. Además de estas particularidades, se considera que los alimentos deberán producirse en los propios territorios y provenir de sistemas campesinos, tradicionales y artesanales (Heinisch, 2013; Rosset y Martínez, 2014). Es decir, además de las cualidades nutricionales de los alimentos se hace énfasis en las características éticas y sociales de su producción.

Así pues, discutir el cambio tecnológico necesario para una nueva forma de producir implica discutir tecnologías apropiadas para este objetivo y la consideración si las tecnologías emergentes constituyen una opción en este sentido o son también funcionales al sistema alimentario actual. ¿Qué características debería tener un modelo tecnológico apropiado para otro tipo de agricultura y de producción de alimentos? En lo fundamental se puede intuir que este modelo debería tener una racionalidad que fuera más allá de la mera racionalidad económica.

Se tendría que pensar en términos generales en una racionalidad ecológica que considere los límites físicos de los sistemas naturales o más aún una racionalidad para la vida en sentido amplio, no sólo la vida humana sino la vida en su totalidad. Se podría pensar también en la modificación de la racionalidad de la economía para la ganancia hacia una economía para la vida: una racionalidad que busque la reproducción o sustentabilidad de las condiciones materiales (biofísicas y socio-institucionales) que hacen posible la vida personal, social y espiritual; una economía orientada hacia la reproducción de la vida (Hinkelammert y Mora, 2014).

Así pues, la reproducción de esta vida plena debe ser el elemento fundamental bajo el cual se revisen los modelos alimentarios y la incorporación de cualquier tecnología alimentaria. Bajo una racionalidad de vida tendría obligadamente que contribuir a la generación de alimentos más sanos, de bajo y muy bajo impacto ecológico, obtenidos a partir de trabajo humano vivificante (Schumacher, 1980), bajo relaciones equitativas de reciprocidad entre productores y consumidores. En términos de Cusicanqui, este

nuevo modelo no debería ser un modelo de mediación o de conciliación con el anterior, ni de síntesis, ni hibridación, sino un modelo descolonizador que retire el envoltorio consumista y alienante del modelo alimentario actual (Cusicanqui, 2018).

Tabla 1. Características de un potencial modelo agroalimentario alternativo.

Ejes del modelo	Condiciones sociotecnológicas	Requerimientos
Bueno para la vida de los consumidores	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo o nulo uso de pesticidas sintéticos. • Alimentos culturalmente apropiados. • Alimentos cercanos (es decir, de los que se conozca su origen) y confiables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre las condiciones de producción del alimentos, Seguimiento colectivo de la calidad • Vínculos con productores y campesinos • Recuperación de cultura alimentaria
Bueno para la vida de los productores	<ul style="list-style-type: none"> • Que la producción posibilite su sustento material y cultural. • Factor de reconocimiento social. • Baja o nula dependencia tecnológica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de comercialización a partir de canales cortos • Revaloración de la cultura campesina • Sistema de Investigación y Desarrollo de Tecnología de baja escala • Política pública centrada en sistemas de mediana y pequeña escala. • Recampesinización de los espacios rurales (neoruralismo)
Bueno para la continuidad de los sistemas naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo o nulo uso de pesticidas sintéticos. • Muy bajo o nulo uso de fertilizantes químicos. • Recuperación de suelo. • Que se ajusten a los límites ecológicos territoriales. • Bajo uso de maquinaria y equipos. • Alta eficiencia en el uso del agua. • Bajo uso de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura de mediana y baja escala • Bajo uso de maquinaria de gran tamaño • Maquinaria de bajo impacto • Agrosilvicultura • Técnicas agroecológicas • Fomento de agrobiodiversidad • Manejo biológico de plagas • Sustancias derivadas de plantas • Nutrición con abonos orgánicos • Recuperación de materia orgánica • Tecnología de riego • Mejoramiento participativo.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a Wallerstein (1979), al final de un sistema mundo ya existe el núcleo básico de lo que está por venir. Extrapolando esta idea a la discusión del sistema alimentario podemos afirmar que las premisas de la nueva lógica y los paradigmas tecnológicos ya existen. Las tecnologías que se desprenden de estas concepciones ya han sido desarrolladas. Algunas son incluso utilizadas por el actual modelo. Otras subsisten como resistencia en las prácticas culturales agrícolas de diversos pueblos originarios en el mundo.

La agroecología puede concebirse como un posible núcleo epistemológico de un nuevo modelo alimentario dado que, como paradigma sociotécnico, contempla no sólo una propuesta tecnológica sino también para la organización de la producción con una configuración distinta de los actores, la tecnología, la comercialización, la participación del Estado y de las comunidades y las relaciones de poder. La agroecología puede considerarse pluriepistemológica dado que no descarta el conocimiento científico, pero no le concede prioridad sobre otros tipos de conocimiento. En suma, tres deberían ser los ejes a los que debería ceñirse la agricultura alimentaria: a) los alimentos deben ser buenos para la vida de las personas que los consumen; b) los alimentos deben ser buenos para la vida de las personas que los producen y c) la producción de alimentos debe ser buena para la vida de los sistemas naturales que la sostienen. De estas tres premisas se desprenderían las condiciones sociotecnológicas y los requerimientos de darían forma a un modelo alimentario alternativo (Tabla 1).

6. Consideraciones finales

No se puede concebir un sistema alimentario para la vida basado en las premisas de la economía dominante que persigue el lucro como objetivo final y que subordina todos los demás aspectos biológicos, sociales y culturales a este fin. Al definir al libre mercado como el regulador de la sociedad se coloca a las preferencias individuales de consumo de alimentos como el fundamento para la organización de la producción. Sin embargo, si se da prioridad a las preferencias, el sistema alimentario se supeditará al objetivo de cubrir dichas preferencias, por muy extravagantes que estas sean, a condición de que la rentabilidad sea suficiente. En otras palabras, los sistemas que deberían estar orientados a satisfacer las necesidades alimentarias de la humanidad en su conjunto estarán orientados a cubrir el consumo básico y superfluo de una pequeña proporción de la sociedad que tiene la posibilidad y la disposición de pagar por ello. Así se explica la perversidad de los sistemas agroalimentarios modernos que explotan los recursos naturales, sociales y culturales de los territorios agrícolas para satisfacer deseos suntuosos de una muy pequeña proporción de la sociedad.

En la búsqueda de otros campos posibles no se debe considerar a la competitividad como la característica y propósito primordial de la producción de alimentos, como lo es en el discurso actual (Muñoz et al., 2018; Rojas y Sepúlveda; 1999; CEPAL, 2013;

Sotomayor et al., 2011; Jambor y Babu, 2017). Buscar un sistema alimentario competitivo implica que los factores productivos naturales y sociales se organizan con el fin de apoderarse de porciones de mercado en perjuicio de otros territorios que tienen el mismo objetivo. En esa competencia se considera vencedor a quien retiene o aumenta la posibilidad de satisfacer los deseos excesivos de los estratos sociales que ocupan la parte superior de la pirámide de la desigualdad. Mientras tanto, las necesidades de alimentación de las propias sociedades en donde se realiza la producción se ven soslayadas y se consideran un sacrificio necesario para conseguir la pretendida competitividad. En ese discurso, las divisas adquiridas en los mercados internacionales contribuirán a una balanza comercial superavitaria y a la estabilidad macroeconómica que redundarán, tarde o temprano, en una mejora de las condiciones de vida de la sociedad en general. No obstante, es claro que los beneficios económicos de este comercio se concentran cada vez más en un reducido número de manos mientras que los costos ambientales y sociales se distribuyen ampliamente.

La solución tampoco será sólo tecnológica. No importa que la tecnología sea descarbonizante, verde, ecológica o con cualquier característica que indique su intención de disminuir o revertir el impacto sobre los ecosistemas. Si se atiende sólo la dimensión tecnológica sin considerar un cambio en el sentido ético de la teleología de los sistemas alimentarios su trayectoria no se modificará y seguirá supeditada al lucro, condenando a las clases menos favorecidas de esta y de las siguientes generaciones a lidiar con la escasez, la malnutrición, el envenenamiento alimentario y el hambre.

7. Referencias bibliográficas

Abubakar, Yusuf; Habibu Tijjani; Chukwuebuka Egbuna; Charles Oluwaseun Adetunji; Smriti Kala; Toskë Kryeziu; Jonathan Ifemeje y Kingsley Patrick-Iwuanyanwu (2020). Pesticides, History, and Classification. En C. Egbuna y B. Sawicka (eds.), *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control* (pp. 29-42). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8>

Arrighi, Giovanni (1999). *El largo siglo XX*. Akal.

Bartra, Armando (2013). Crisis civilizatoria. En R. Ornelas (ed.), *Crisis civilizatoria y superación del capitalismo* (pp. 25-72).

Braudel, Fernand (1986). *La dinámica del capitalismo*. Fondo de Cultura Económica.

Ceccon, Eliane (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91, 21-29.

CEPAL [Comisión Económica para América Latina y el Caribe – Naciones Unidas] (2013). Políticas para la agricultura en América Latina y el Caribe: competitividad, sostenibilidad e inclusión social. Seminario internacional sobre políticas agrícolas en América Latina y el Caribe, 6-7 diciembre, Santiago.

- Christoforou, Theofanis (2004). The regulation of genetically modified organisms in the European Union: the interplay of science, law and politics. *Common Market Law Review*, 41(3), 637-709. <https://doi.org/10.54648/COLA2004019>
- Contreras, Jesús (2005). La obesidad: una perspectiva sociocultural. Zainak. *Cuadernos de Antropología-Etnografía*, 27, 31-52.
- Cosío, Celsa y Jesús Carlos Morett (2022). Las actividades de transformación de productos agropecuarios en Nueva España y el desigual desarrollo de las regiones socioeconómicas en México (Siglo XVI - mediados Siglo XVII). *Revista de Geografía Agrícola*, 69, 167-184. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2022.69.08>
- Davies, W. Paul (2003). An historical perspective from the Green Revolution to the gene revolution. *Nutrition Reviews*, 61(6), S124-S134. <https://doi.org/10.1301/nr.2003.jun.S124-S134>
- Dussel, Enrique (1994). *El encubrimiento del Otro: Hacia el origen del mito de la modernidad*. Plural.
- Fischler, Claude (2010). Gastro-nomía y gastro-anomía. Sabiduría del cuerpo y crisis biocultural de la alimentación moderna. *Gazeta de Antropología*, 26(1). <https://doi.org/10.30827/Digibug.6789>
- Grosfoguel, Ramón (2006). Del final del sistema-mundo capitalista hacia un nuevo sistema-histórico alternativo: la utopística de Immanuel Wallerstein. *Nómadas*, 25, 44-52.
- Heinisch, Claire (2013). Soberanía alimentaria: un análisis del concepto. En F. Hidalgo, P. Lacoix y P. Román (eds.), *Comercialización y Soberanía Alimentaria*, (pp. 11-35). SIPAE.
- Hinkelammert, Franz y Henry Mora (2014). *Economía, vida humana y bien común: 25 Reflexiones sobre economía crítica*. Editorial Arlequín.
- Jambor, Attila y Suresh Babu (2017). *Competitiveness of Global Agriculture-Policy Lessons for Food Security*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44876-3>
- Javi, Verónica (2006). Actualizaciones al concepto de Tecnología Apropiada. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10.
- Kautsky, Karl (1977). *La cuestión agraria: estudio de las tendencias de la agricultura moderna y de la política agraria de la socialdemocracia*. Ediciones de Cultura Popular.
- Khun, Thomas [1962] (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica.
- Kusz, Dariusz (2014). Modernization of agriculture vs sustainable agriculture. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 14(1), 171-178.
- Latour, Bruno (2007). *Nunca fuimos modernos: Ensayo de antropología simétrica*. Siglo XXI.
- Latour, Bruno. (1992). *Ciencia en acción*. Labor.

- Lima, Tamara; Tamiris Camargo y Mayara dos Santos (2019). Agricultura 4.0: Software de Gerenciamento de Produção. *Mogi das Cruzes: Pesquisa e Ação*, 5(4), 122-131.
- López y Sebastián, Lorenzo Eladio y Justo Luis del Río Moreno (1992). El jengibre: historia de un monocultivo caribeño del siglo XVI. *Revista Complutense de Historia de América*, 18, 63-88.
- Massarini, Alicia (2020). Tecnociencia de mercado: el caso de la agrobiotecnología. En N. Sabater, J. Layna y S. Rivera (eds.), *¿Revolucionar la ciencia? Reflexiones sobre la epistemología y su contexto de enseñanza*. TeseoPress.
- Matthews, Graham (2018). *A History of Pesticides*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786394873.0000>
- Melillo, Edward D. (2012). The first green revolution: debt peonage and the making of the nitrogen fertilizer trade, 1840-1930. *The American Historical Review*, 117(4), 1028-1060. <https://doi.org/10.1093/ahr/117.4.1028>
- Mooney, Pat (2019). *La insostenible Agricultura 4.0 Digitalización y poder corporativo en la cadena alimentaria*. Grupo ETC.
- Morin, Edgar (1998). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa Editorial.
- Muñoz, Manrubbio; Vinicio Horacio Santoyo; Dolores Gómez Pérez y José Reyes Altamirano Cárdenas (2018). *¡Otro campo es posible! Agenda pública y política con relación al campo mexicano*. Universidad Autónoma Chapingo.
- NRC [National Research Council] (2000). *The future role of pesticides in US agriculture*. National Academy Press.
- Oberemok, Volodymyr Volodymyrovych; Kateryna Volodymyrivna Laikova; Yuri Ivanovich Gninenko; Aleksei Sergeevich Zaitsev; Palmah Mutah Nyadar y Tajudeen Adesoji Adeyemi (2015). A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 55(3), 221-226. <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0033>
- Pichardo, Beatriz. (2006). La revolución verde en México. *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 4, 40-68.
- Piron, Florence y Thibaut Varin (2015). El caso Seralini y la confianza en el orden normativo dominante de la ciencia. *Sociológica* (México), 30(84), 231-274.
- Power, James y Ronald Follett (1987). Monoculture. *Scientific American*, 256(3), 78-87. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0387-78>
- Ríos-Ramírez, Lilia Concepción; Luis Pérez-Domínguez y Juan Carlos Pérez-Olguin (2019). Tendencias actuales de la industria 4.0. *Reflexiones contables* (Cúcuta), 2(2), 8-22. <https://doi.org/10.22463/26655543.2982>
- Rosset, Peter y María Elena Martínez (2014). Soberanía alimentaria: reclamo mundial del movimiento campesino. *Ecofronteras*, 18(51), 8-11.
- Schumacher, Ernst Friedrich (1980). *El buen trabajo*. Editorial Debate.

Sotomayor Echenique, Octavio; Adrián Rodríguez y Mônica dos Santos Rodrigues (2011). *Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura: Nuevas direcciones en el diseño de políticas en América Latina y el Caribe*. Cepal.

Tamm, Beatriz Scharrer (1999). Fuentes para el estudio de la tecnología azucarera siglos XVII y XVIII. *América Latina en la Historia Económica*, 6(11), 25-34.

Turrent, Antonio (2008). El maíz transgénico, posible amenaza de la biodiversidad del maíz nativo mexicano. *Agro Productividad*, 1(2).

Uekoetter, Frank (2011). The magic of one: Reflections on the pathologies of monoculture. *RCC perspectives*, 2, 1-20. <https://doi.org/10.3167/trans.2011.0102012>

Van Zanden, Jan Luiten (1991). The first green revolution: the growth of production and productivity in European agriculture, 1870-1914. *Economic History Review*, 44, 215-239. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0289.1991.tb01840.x>

Wallerstein, Immanuel (1979). El moderno sistema mundial. La agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVII. *Revista de estudios políticos*, 12, 223-225.

Wallerstein, Immanuel (1999). *Impensar las ciencias sociales: límites de los paradigmas decimonónicos*. Siglo XXI.