

Agricultura de precisión y su carácter capitalista: la no neutralidad de la tecnología*

Precision Agriculture and its Capitalist Character: The Non-Neutrality of Technology

 Guillermo Foladori**



* El presente artículo se desarrolla en el marco del Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 2019 No. 304320.

** Responsable técnico del Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 2019 No. 30432, Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Correo electrónico: gfoladori@gmail.com

Fecha de recepción: 8 de marzo de 2022

Fecha de aceptación: 24 de junio de 2022

Cómo referenciar / How to cite

Foladori, G. (2022). Agricultura de precisión y su carácter capitalista: la no neutralidad de la tecnología. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, v. 14, n. 28, e2339. <https://doi.org/10.22430/21457778.2339>

Resumen: uno de los aspectos más importantes del capitalismo actual es la tecnología y su rápido desarrollo. Es el pilar de los estudios sobre innovación, y se debate la posibilidad de que países en desarrollo den saltos cualitativos si consiguen embarcarse en las nuevas tecnologías que surgen con el pasar de los años (p. ej.: biotecnología, nanotecnología, internet de las cosas, *big data*, etc.). Se habla de la industria 4.0 como una nueva revolución tecnológica, aunque ella engloba una variedad de tecnologías. El objetivo de este artículo fue analizar el tema ampliamente discutido de la neutralidad de la tecnología, el cual se hizo con relación a una de las tecnologías de punta que forma parte del movimiento de la industria 4.0: la agricultura de precisión. A partir de una revisión bibliográfica sobre la agricultura de precisión, y utilizando el método de análisis de la economía política crítica, se llegó a conclusiones teórico-metodológicas, no siempre advertidas en la polémica sobre la neutralidad de la tecnología, al detectar tendencias objetivas, y no solo causas circunstanciales de origen político-subjetivo, que es lo común en la literatura de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología.

Palabras clave: agricultura de precisión, doble carácter del trabajo, economía política de ciencia y tecnología, neutralidad tecnológica.

Abstract: One of the most important aspects of today's capitalism is technology and its rapid development. Technology is the pillar of innovation studies, and it is debated whether developing countries can make qualitative leaps if they manage to embark on the new technologies that emerge as years pass (e.g., biotechnology, nanotechnology, the Internet of Things, big data, etc.). Industry 4.0 is referred to as a new technological revolution, although it encompasses a variety of technologies. In this article, we analyze the widely discussed topic of technological neutrality, but we do so in relation to one of the leading technologies in the Industry 4.0 movement: precision agriculture. Based on a review of the scientific literature on precision agriculture and using the method of analysis of critical political economy, we draw theoretical-methodological conclusions that are not always acknowledged in the controversy surrounding the neutrality of technology. This article identifies objective trends in the field of precision agriculture, and not only circumstantial causes of political-subjective origin, which are common in the literature of Science, Technology and Society Studies.

Keywords: Precision agriculture, double character of labor, political economy of science and technology, technological neutrality.

INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión (en adelante AP) es uno de los varios conjuntos de tecnologías que se desarrollaron a partir de la década de los noventa del siglo XX aplicando la microelectrónica, la óptica, el satélite, la Internet, entre otras, a sectores específicos, en este caso a la agricultura.¹ La International Society for Precision Agriculture (ISPA, s.f.) la define así:

La Agricultura de Precisión es una estrategia de administración en la que se reúnen, procesan y analizan datos temporales, espaciales e individuales y se combinan con otra información para apoyar decisiones administrativas, según la variabilidad estimada, con el fin de mejorar el uso eficiente los recursos, la productividad, la calidad, las ganancias y la sostenibilidad de la producción agrícola (párr. 1).

Hoy en día, ya en franca expansión, inclusive en países en desarrollo, este conjunto de tecnologías puede también ser identificado como parte de la llamada industria 4.0, en el entendido de que la tendencia es hacia la automatización de los procesos productivos y su extensión al procesamiento, empaque y transporte. Arriba se señalaron algunas tecnologías que se destacan, pero, a su vez, otras se van sumando y adquieren presencia en toda la cadena productiva, como las nanotecnologías, que han reducido a tamaños inimaginables los dispositivos electromecánicos (de Mems —microelectromechanical systems— a Nems —nanoelectromechanical systems), la *big data*, que permite analizar información retroalimentada por amplísimas bases de datos,² o la ampliación de la velocidad y alcance de las ondas de radiofrecuencia con la 5G. Estas tecnologías se están aplicando a numerosos sectores económicos, y no son exclusivas de la agricultura, sector que se tomó como ejemplo en este artículo.

Toda tecnología presenta impactos sobre la sociedad humana y, generalmente, esos impactos no son homogéneos, sino que los sectores y clases sociales se ven diferentemente afectados. Las implicaciones de la tecnología en la sociedad han despertado el interés de diversos sectores científicos sobre diferentes aspectos (p. ej.: empleo, riesgos a la salud y el ambiente, jurídicos, económicos, filosóficos, éticos). En el área de las ciencias sociales, y también en el de filosofía de la tecnología, una de las preocupaciones ha sido la modificación de la conducta de los usuarios de la tecnología, o cómo una determinada tecnología puede favorecer unos sectores sociales en detrimento de otros, o si el desarrollo tecnológico es una necesidad forzosa del bienestar y el desarrollo. Bajo el membrete de «neutralidad de la tecnología» se han manifestado diversas corrientes, buscando aclarar si la tecnología es algo neutro cuyo impacto depende de su uso o si, por el contrario, la tecnología no es neutra y conlleva una inclinación en determinado sentido social, político o económico. Este artículo analiza el tema a la luz de las principales características de la AP.

¹ El primer mapa de productividad de un monitor con GPS fue utilizado en Alemania en 1990.

² Algunos autores llaman agricultura inteligente a la incorporación de la *big data* a la agricultura de precisión, aunque el término de *smart agriculture* se aplica más a las opciones de mercado que a lo que un análisis agrícola puede ofrecer.

En el segundo apartado se introdujeron elementos metodológicos. El marco teórico general es la crítica de la economía política, y de ella enfatizamos la distinción entre relaciones sociales subjetivas y relaciones sociales objetivas, un concepto metodológico fundamental para el análisis posterior de la agricultura de precisión. En el tercer apartado, por su parte, se hace una breve contextualización de la discusión teórica en torno a la neutralidad de la tecnología en los estudios sociales, marcando la diferencia con la posición que aquí se asume. Se trata de una revisión general sin detallar los varios enfoques, porque el interés es identificar los aspectos comunes, para luego contrastar con el análisis la AP y sus tendencias objetivas que explican la no neutralidad de la tecnología. Las tendencias objetivas, aunque no necesariamente visibles, son algo ausente en las principales corrientes que discuten la temática de la neutralidad de la tecnología en las ciencias sociales. El cuarto apartado entra de lleno en el análisis técnico-social de los principales rasgos de la AP y la explicación de cómo ellos desatan tendencias que marcan la no neutralidad, mismas que favorecen al capital y gran capital en detrimento de las clases trabajadoras, incluyendo las formas campesinas e híbridas de producción agrícola, así como al pequeño y mediano capital. En las conclusiones se hace énfasis a los principales hallazgos.

METODOLOGÍA

El cuerpo teórico con el que guiamos la exposición es la crítica de la economía política desarrollada por Marx (2009). Para facilitar la lectura consideramos suficiente explicar un concepto que puede resultar confuso para el lector no especializado en esta corriente de pensamiento. Se trata de la distinción entre relaciones sociales objetivas y relaciones sociales subjetivas.

Los diferentes agentes sociales, sean clases, estratos, sectores económicos, grupos basados en interés común, etc., actúan en un contexto predeterminado; este se puede cambiar, pero sobre una base preexistente. Hoy en día esa base es el sistema capitalista de producción. Este contexto socioeconómico presenta una combinación de relaciones de producción, pero algunas están más extendidas y son más determinantes que otras. La principal característica del modo de producción capitalista —tomado en su conjunto y abstrayendo su grado de desarrollo— es la contradicción capital-trabajo.³ La esencia de esta contradicción es que la sociedad se divide entre poseedores de medios de producción y aquellos que deben vender su capacidad de trabajo para obtener un ingreso o salario. Los obreros venden su fuerza de trabajo, mientras que los capitalistas compran fuerza de trabajo para poner en funcionamiento el capital físico que poseen. Entre esas dos clases se establecen relaciones sociales de producción objetivas. Esas relaciones desatan fuerzas involuntarias y forzosas.

Un ejemplo de esas fuerzas necesarias e involuntarias es la que cualquier contador de empresa capitalista conoce y que se expresa así: no se introduce una tecnología si no resulta más barata que la fuerza de trabajo que desplaza. Esa fuerza intrínseca a la contradicción

³ No viene al caso argumentar que hay formas mixtas, o sectores que son trabajadores independientes, porque son modalidades híbridas o pretéritas que tiene sus leyes propias de desarrollo.

capital-trabajo lleva a lo que vulgarmente se conoce como desempleo tecnológico, porque presiona por abaratar la tecnología y desplazar trabajo asalariado.

La tendencia al desempleo tecnológico es objetiva y necesaria, en el sentido de que siempre que existen relaciones capital-trabajo esa fuerza se manifiesta. Y se manifiesta como fuerza aún en los casos en que no se presenta en la práctica por razones coyunturales diversas. Así, por ejemplo, durante la pandemia de la COVID creció significativamente la venta de robots en el mundo. No necesariamente porque resultaran más baratos que la fuerza de trabajo que desplazaban, sino porque los empresarios prefirieron pagar más, asegurando así que la producción no se detuviera por enfermedades, y apostando al beneficio en el largo plazo. El ejemplo es elocuente de que la tendencia a la sustitución de fuerza de trabajo por tecnología existe con independencia del momento específico, mismo que puede verse opacada por diversas razones; y es objetiva en el sentido de que se cumple como resultado de la competencia mercantil a la cual los empresarios se ven sometidos y obligados, independientemente de la voluntad ideológica o de conciencia que tengan de ello.

Hay también relaciones sociales subjetivas. Estas son resultado de decisiones conscientes, sean de carácter político, ideológico, religioso, etc. Así, por ejemplo, si una asociación de pacientes que sufre una determinada enfermedad presiona para que el gobierno aumente el financiamiento a hospitales o centros de investigación y desarrollo en el área, tal vez inclusive modificando o generando tecnologías adecuadas, estamos ante relaciones sociales conscientes, subjetivas. Otro ejemplo podría ser el de políticas fordistas en que los empresarios incorporan a los trabajadores como accionistas de la empresa, de manera de obtener un mayor incentivo entre los empleados; también esta es una decisión subjetiva, político-económica.

Los términos subjetivo y objetivo solo reflejan el carácter consciente de la actividad o el desempeño necesario e independiente de la consciencia. Otra forma de expresar la misma distinción es mencionarlas como relaciones materiales (objetivas, necesarias) y relaciones ideales (subjetivas, voluntarias). La filosofía griega discutió ampliamente la diferencia entre idealismo y materialismo para explicar diferentes concepciones ideológicas, y la economía política crítica recuperó aquella trayectoria filosófica.

Muchos de los textos referentes a la neutralidad de la tecnología parten de cómo determinados actores diseñan tecnologías dirigidas a un fin establecido que, sin proponérselo, está lejos de ser neutral en términos sociales. También hay ejemplos de cómo una tecnología concreta es utilizada con un fin no neutral explícitamente; o cómo el consumidor involuntariamente modifica su comportamiento por el consumo o uso de una tecnología que fue creada con aquel propósito aún sin que este resultado sea obvio o publicitado. En estos casos se trata de demostrar la no neutralidad de la tecnología por actividades subjetivas, conscientes, sea en el diseño y producción de dicha tecnología, en su uso o consumo o en ambos. Este carácter no neutral de la tecnología debido a relaciones sociales subjetivas está ampliamente analizado en términos filosóficos, políticos y psicológicos, y apoyado con ejemplos de casos concretos.

No es tan común encontrar estudios que justifiquen la no neutralidad de la tecnología a partir de las relaciones objetivas de producción;⁴ y es este último el propósito del artículo, ejemplificado en la agricultura de precisión.

Otro concepto que utiliza este estudio en el análisis de la agricultura de precisión, y que es metodológicamente clave, es el «doble carácter del trabajo». Este es un concepto desarrollado por Marx (2009) desde su primer capítulo de *El Capital*. Pero este concepto implica un nivel de abstracción que resulta más sencillo explicar utilizando ejemplos concretos, por lo que será tratado en el cuarto apartado de este artículo.

La discusión teórica en torno a la neutralidad de la tecnología en los estudios sociales

Cualquier persona tiene una idea de lo que tecnología significa, y de su importancia como uno de los aspectos clave en la evolución del ser humano. No hay, sin embargo, uniformidad de opiniones. La relación con la ciencia y la diferencia frente al concepto de técnica hace muchas veces compleja su delimitación. Algunos filósofos, sociólogos y politólogos consideran que tecnología es un término que debe restringirse al estudio del capitalismo, cuando la ciencia como rama individualizada en la división social del trabajo se aplica a la producción de herramientas, maquinaria, dispositivos, etc. (Quintanilla, 2017). Otros hablan de tecnología desde el mismo origen del ser humano. En cualquier caso, el uso y perfeccionamiento de instrumentos es una necesidad del ser humano para capturar y metabolizar la naturaleza externa y poder así satisfacer sus necesidades. No existe trabajo humano sin herramientas, sean simples como la antigua hacha de piedra o muy complejas como reactores nucleares, sensores integrados a satélites, entre otros. Sin medios de producción la sociedad humana no sobrevive.⁵

Esta caracterización general de la tecnología encierra tanto el objeto externo (instrumento, máquina, etc.), como su codificación mental; ambos permiten la complejidad creciente; sin negar el hecho de que con el capitalismo el cambio tecnológico adquiere un ritmo de desarrollo nunca visto en la historia de la humanidad. Es con el capitalismo que la división social del trabajo separa los dos aspectos que previamente estaban consolidados en el trabajador: la producción de cosas útiles y la sistematización de las leyes que rigen los materiales y la naturaleza, es decir, la ciencia.⁶ Esta división entre ciencia y tecnología es un resultado de la especialización y de la división social del trabajo. La ciencia impulsa el desarrollo tecnológico, pero, es con el avance tecnológico que se desarrolla la ciencia en un movimiento dialéctico complejo e intrincado; y, es por ello, que el filósofo Quintanilla (2017, p. 28) hace referencia al contexto histórico de la revolución industrial como acicate

⁴ Véase, por ejemplo, Noble (1999).

⁵ Los estudios sobre «origen del hombre» resaltan cómo la posición erguida significó cambios biológicos que convirtieron en vulnerables a los antepasados que no fabricaban instrumentos para obtener recursos, defenderse, atacar y desarrollar funciones domésticas variadas (Leroi-Gourhan, 1971).

⁶ Se trata de un proceso gradual y discontinuo, donde la elaboración de medios de producción es la clave para entender la evolución de la tecnología y su relación con el desarrollo científico.

para los estudios sobre la técnica, tanto en términos económicos, como políticos, ideológicos e ingenieriles, como fue el caso de los escritos de Karl Marx. El desarrollo tecnológico no es solo la fabricación de nuevos y más perfeccionados instrumentos en sentido general, es también el desarrollo científico que permite una sistematización del proceso de creación de aquellos medios de producción y otros útiles. En lo que sigue a continuación, se utiliza el término *tecnología* en la forma en que lo describe el *Diccionario de Economía Política Planeta*: «Estado y conocimiento de los sistemas de producción, las técnicas centrales y los conocimientos relacionados con dichos sistemas y que permiten su realización efectiva» (Martínez Cortiña, 1980, p. 411).

Cierto es que numerosos animales utilizan instrumentos, desde primates hasta aves (Mejía Rendón, 2018). En términos antropológicos, hay una larga sucesión de usos eventuales de herramientas por diversas especies, y hasta más regulares en otras, e inclusive casos de conservación de instrumentos para uso en tiempos futuros, que muestran un continuo de complejidad hasta el ser humano. Pero, puede decirse que el ser humano, además de fabricar y conservar instrumentos para uso futuro de forma sistemática, desarrolla paralelamente una capacidad cognitiva que le permite reflexionar sobre lo ya producido, perfeccionando los instrumentos e inventando otros de generación en generación. El ser humano desarrolla un proceso acumulativo y de creciente complejidad, proceso que no ocurre en otros seres vivos donde cada generación solo reproduce lo que las anteriores realizaron (Mejía Rendón, 2018).

Uno de los aspectos más importantes y complejos de la tecnología es su conexión con las relaciones sociales y culturales en amplio sentido. Si prestamos atención al carácter material de la tecnología, que no deja de ser instrumentos, artefactos, maquinarias, y demás, la primera impresión que se obtiene es que se trata de cosas sin voluntad, sin disposición, sin inclinación para realizar una u otra actividad, aunque haya sido creada para algo en particular. De allí que muchos científicos y analistas consideren que la tecnología es neutra. La tecnología no tendría valores o características intrínsecas, sería inerte, y todo dependería de cómo y para qué se usa. Un ejemplo elocuente, que utiliza el filósofo Ellul (1980) para ilustrar la posición tecnología-neutra, y que él critica, es el de un cuchillo que puede ser usado para actividades culinarias, pero también para matar o, inclusive, como instrumento médico; pero, él advierte que:

La tecnología tiene *en sí misma* un cierto número de consecuencias, representa una cierta estructura, ciertas exigencias, y conlleva ciertas modificaciones del ser humano y la sociedad, las cuales se imponen sobre nosotros nos guste o no. La tecnología, por su propia voluntad, va en una cierta dirección (p. 155).

El ejemplo de Ellul (1980) se refiere a cómo las relaciones subjetivas indican la no neutralidad de la tecnología. Igualmente, no está solo en la argumentación de la no neutralidad de la tecnología; otros autores han utilizado metáforas fuertes, como decir que «algunos artefactos tienen propiedades políticas» (Winner, 1999). El filósofo de la tecnología, Feenberg (2005), clasifica en dos grandes grupos a los autores que tratan el tema. Por un lado, los instrumentalistas, para quienes la tecnología es neutra; por otro, los sustantivistas, para quienes la tecnología conlleva intereses, rasgos económicos, culturales, políticos, etc.

Mientras la posición de tecnología-neutra o instrumentalista, parte del sentido común que ve las herramientas como cosas sin voluntad propia, y de pensar esos instrumentos y dispositivos o maquinaria como cosas sueltas, la posición sustantivista o tecnología no-neutra, debe explicar, contra aquel sentido común y de manera convincente, la razón por la cual la tecnología no es neutra.

No hay espacio aquí para revisar las muy variadas posiciones sobre la no neutralidad de la tecnología, ya que el propósito es mostrar aquellas tendencias objetivas que hacen de la tecnología capitalista un instrumento de profundización de la explotación del trabajo y degradación de la naturaleza; o sea, la razón por la cual la tecnología tiene carácter de clase. Estas tendencias objetivas difícilmente son encontradas en la discusión sobre la neutralidad de la tecnología. No deben buscarse en la concepción instrumentalista de tecnología-neutra, por la simple razón de que parte de una base filosófica y objetiva simplista y superficial, al suponer un objeto por sí mismo, aislado del contexto en que se encuentra; aunque ni un átomo existe sin su relación con otros.

Tampoco se encuentran aquellas tendencias objetivas en la mayoría de las corrientes sustantivistas de tecnología no-neutra, porque, por lo regular, toman ejemplos de tecnologías que no son representativas de la esencia de ellas en un régimen de producción capitalista. Para analizar la tecnología en el capitalismo es necesario que los ejemplos reflejen la jerarquía del sistema. La reproducción del capitalismo depende de los medios de producción como principal destino de las inversiones, y estos deben de constituir el primer filtro para el análisis de la tecnología. Así, por ejemplo, un puente que es construido y utilizado para el tráfico de mercancías es un medio de producción, pero un puente que es construido y utilizado como medio de transporte individual de uso recreativo no es un medio de producción, es un servicio -generalmente subsidiado- y, por tanto, no está sujeto a las mismas presiones de la competencia capitalista, en tanto, no es ejemplo elocuente del análisis de la tecnología capitalista.⁷

Existen también medios de producción que aún producidos y usados como tales se integran en sectores que no son destinados a la acumulación, sino al mantenimiento de las relaciones sociales capitalistas, como son todos los sectores de armamento y militares. Tampoco aquí rigen las leyes del capital de forma plena, basta pensar que la inversión en tecnología militar no respeta la ley básica del costo-beneficio a la que deben ajustarse todas las empresas privadas. La mayoría de la industria de armamentos está subsidiada o tiene un mercado cautivo, razón por la cual muchas de las nuevas tecnologías tienen su origen en innovaciones militares que luego se transfieren a los sectores civiles.

Otro filtro que la metodología que analiza la tecnología debe contemplar es la diferencia entre la tecnología elaborada para satisfacer necesidades de consumo individual de las creadas para satisfacer necesidades productivas. En el consumo individual entran una gama de tendencias diferentes a las que rigen las tecnologías propias del consumo productivo.

⁷ Como las fuerzas objetivas de la tecnología derivan de las relaciones sociales y de las relaciones técnicas, la tecnología puede impactar de igual forma relaciones no necesariamente capitalistas. Ejemplo son las leyes de proporcionalidad entre equipo y fuerza de trabajo.

Basta considerar la diferencia entre lo que son productos alimentarios destinados al consumo productivo de la fuerza de trabajo, de los dirigidos a sectores específicos de mayor poder adquisitivo, como son los orgánicos, o nichos de mercado comandados por especificidades de nutrientes, sabores o lugares ecológicos de producción específicos. No es lo mismo el café común que se vende para la población en general que las decenas o centenas de variedades etiquetadas por su origen y proceso de producción. Para que las leyes capitalistas se expresen plenamente es importante tomar como ejemplos tecnológicos de análisis a los medios de producción que se destinan productivamente. Por ello, en este artículo utilizamos la agricultura de precisión, que trata de medios de producción y, simultáneamente, de tecnologías que producen medios de consumo para la clase trabajadora, un sector clave en la acumulación de capital.

Otra razón para no buscar en las teorías de tecnología no-neutra o sustantivista tendencias objetivas que expliquen el carácter no-neutral de la tecnología, está en que la mayoría de esas posiciones argumentan la no neutralidad a partir de la acción consciente que imprimen en la tecnología los diseñadores y constructores de esta. O sea, ponen la voluntad política como causa de que determinadas tecnologías tengan implicaciones políticas. En ese sentido, la búsqueda de la no neutralidad radica en la voluntad de los creadores, personas, instituciones, científicos y grupos sociales, es decir, acciones subjetivas basadas en criterios ideológicos y políticos.⁸

Otros autores se refieren a variadas características culturales que se reproducen a partir del consumo o uso de determinada tecnología. En estos casos se pone el acento en cómo la tecnología reproduce con su uso y consumo determinados comportamientos, situando como causa lo que es una consecuencia. Postman (1993) y Chandler, (1995) resumen muchas de estos argumentos que sostienen que el consumo de una tecnología provoca un cambio en el comportamiento y de allí se manifiesta la no neutralidad. Aunque es cierto que el uso de la tecnología condiciona el comportamiento, lo que aquí discutimos es si la razón última de la no neutralidad es una cuestión objetiva e inevitable bajo relaciones capitalistas o es una cuestión voluntaria de carácter político. Cualquier acción subjetiva puede, eventualmente, convertirse en un hecho objetivo. Un proceso de trabajo supone un diseño mental de lo que se va a hacer. Hasta aquí es una acción subjetiva. Una vez realizado el producto final es un elemento objetivo. Pero es diferente la acción que el resultado final. Lo que la mayoría de las teorías sustantivistas no analizan, y es lo que aquí se pretende resaltar, es que toda acción humana, aun considerando las acciones individuales y subjetivas, conscientes, como son todas las relativas a la producción, al terminar en una transformación real de la realidad, por ejemplo, con un objeto que no existía antes, están involuntariamente reproduciendo tendencias sociales objetivas. Esto es inevitable, forzoso y un resultado objetivo, ajeno a las voluntades. La explicación más simple y sencilla es que ese objeto final aparece en el mercado, porque en el sistema capitalista los productos del trabajo se convierten en mercancía. Al lanzar un producto al mercado aquella acción que comenzó siendo subjetiva y terminó en un producto objetivo nuevo, colabora involuntariamente a reproducir relaciones

⁸ Muchos autores sustantivistas tienen una concepción kantiana de los artefactos, como si fuesen resultado exclusivo del diseño mental (Ginsborg, 2019), sin considerar fuerzas objetivas que ejerzan acción sobre la tecnología, como casi un siglo después las desarrolla Marx.

sociales reguladas por el valor, porque aquel objeto, además de cumplir una función social de satisfacer una necesidad, simultáneamente tiene un precio y, con ello, reproduce la competencia como forma de relacionamiento humano a través de las cosas.

La corriente tecnología no-neutra o sustantivista supone que son actos conscientes y voluntarios que, al diseñar y construir, o al consumir las tecnologías establecen una inclinación hacia beneficios sociales determinados. Ahora bien, si abstraemos del análisis la decisión voluntaria de crear tecnología con fines clasistas o sectoriales, pareciera no haber fuerzas o tendencias objetivas, no voluntarias, que apoyen la no neutralidad. Estas corrientes no analizan la manera como una acción subjetiva reproduce tendencias objetivas aún con independencia de la voluntad y conciencia. Por ello, estas corrientes sustantivistas detectan la no neutralidad más aparente y consciente, lo que es importante y cierto, pero no alcanzan a la esencia, que es involuntaria y que imprime condiciones a las siguientes acciones subjetivas en una relación dialéctica entre apariencia y esencia.

Analizando *El mito de Theuth* (Platón, s.f.), donde el rey no criticaba al inventor por el descubrimiento de la escritura, sino por la propia existencia de ella como hecho social, Postman (1993) resume la necesidad de analizar la tecnología más allá del uso que ella ofrece:

Thamus simplemente toma como dado -y por tanto no considera necesario decirlo- que la escritura no es una tecnología neutral cuyas bondades o daños dependen de su uso. Sabe que el uso de cualquier tecnología depende de la estructura de ella, o sea, funciona siguiendo su forma. Por esto Thamus no se preocupa con lo que la gente escribe, sino con que la gente pueda escribir (p. 7).

Nótese el acento en prestar atención, no al uso de la tecnología, sino a su propia existencia, modificando costumbres o relaciones sociales. Sin embargo, esta argumentación continúa descansando la replicabilidad de costumbres y valores en su consumo. Chandler (1995) apunta a esta debilidad en la siguiente cita, enfatizando aquí su conclusión: «Efectivamente, la no neutralidad de la tecnología se asocia frecuentemente con un énfasis en la no neutralidad de su uso social, en lugar de la no neutralidad de sus restricciones técnicas sobre nuestros propósitos» (p. 26).

Dentro de las posiciones sustantivistas, la mayoría se desarrolla a partir de estudios de ciencia política y de sociología o antropología de la ciencia y la tecnología. Infortunadamente, estas posiciones no abordan las tendencias objetivas, sino que parten de relaciones subjetivas (políticas) y muchas veces casos específicos que no reflejan más que excepciones, o lo superficial y visible del problema.⁹ Se habla de *algunos* objetos u artefactos como teniendo propiedades políticas (Winner, 1999). Resaltamos el término «algunos» porque es así como se plantea, dejando en el aire la incógnita de si no son ellos excepción, habiendo otros que no tengan aquellas propiedades.

⁹ La política son intereses y elecciones, negociaciones. Son decisiones voluntarias, por tanto, acuerdos subjetivos.

Una de las principales identidades —no reconocidas— entre las posiciones instrumentalistas y las sustantivistas es la posibilidad de que ciertas tecnologías sean neutras. Al situar a las relaciones políticas como causa de la no neutralidad, los sustantivistas aceptan, sin necesariamente reconocerlo, que son acciones voluntarias y, por tanto, eventuales, sugiriendo *por ausencia* que otras tecnologías podrían ser neutras. Al no señalar tendencias objetivas que demuestren la no neutralidad de la tecnología como una fuerza necesaria, la metodología sustantivista se refugia en la voluntad de los diseñadores y constructores, levantando la posibilidad de tecnologías neutras contra su propio discurso.

El argumento de que toda tecnología es una construcción social, y por tanto no puede ser neutra, es una afirmación que solo puede ser sostenida suponiendo que los responsables por su diseño, construcción y uso le han imprimido una marca no-neutral (Bijker et al., 1987; MacKenzie y Wajcman, 1999; Woolgar, 1991). Esto es indiscutible, porque no existen sujetos que no tengan intereses que transmitan a sus creaciones. Pero, esta generalidad es, en primer lugar, ahistórica, porque puede ser utilizada al igual para una sociedad esclavista que para el capitalismo. Recordemos el ejemplo muy repetido de la esclavitud clásica griega y romana donde se hacían instrumentos pesados y firmes porque los esclavos que los usaban no se interesaban por el cuidado de ellos y tendían a romperlos; la construcción es la que imprime la no neutralidad en el instrumento. Pero, el ejemplo de la esclavitud clásica se basa en una constante objetiva: los trabajadores son esclavos que no son dueños de los instrumentos ni de su propia vida, por tanto, no tienen relación de interés con los instrumentos. ¿Cuál sería el argumento objetivo en el trabajo asalariado libre para la inclinación de la tecnología hacia ciertos beneficios sectoriales? No hay respuesta a esa pregunta en las posiciones sustantivistas, más allá de ejemplos concretos en que un grupo social diseña una tecnología con explícito interés de beneficio particular.

En segundo lugar, el argumento basado en la construcción social de la tecnología no analiza jerarquías, de manera que encuentra y desarrolla ejemplos de la no neutralidad, tanto en corporaciones químicas, como en la industria militar, las instituciones públicas, las asociaciones de pacientes, o de individuos interesados en el desarrollo de determinada tecnología. En tanto, la no neutralidad depende de casos sueltos, sin una atadura con las relaciones sociales de producción, y, además, de una iniciativa subjetiva como son las políticas que toman cuerpo en los científicos, en personas individuales, en políticos, etc., las posiciones sustantivistas dejan en pie la posibilidad de que *en el capitalismo pueda construirse tecnología en forma generalizada con fines no necesariamente conectados a la ganancia*, bastaría con encontrar a los interesados políticos en construirlas. Sin embargo, toda tecnología es una mercancía, y la producción de mercancías bajo relaciones capitalistas conlleva como una fuerza necesaria, intrínseca, la generación de ganancia, de otra manera los industriales no invierten. Cuando se utilizan ejemplos individuales y no necesariamente productos mercantiles, sino artefactos que son servicios establecidos por el Estado, las fuerzas del capital se manifiestan de forma diferente, y el ejemplo no refleja la generalidad del carácter no-neutral de la tecnología en el capitalismo. Un caso muy conocido de este enfoque en los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (ESCyT) es el de los puentes que llevan a Long Island en Nueva York, contruidos desde la tercera década del siglo XX, expofeso de baja altura para no permitir el paso de autobuses que transporten personas pobres a las playas, y solo permitiendo el paso a los automóviles (Winner, 1999). Los puentes serían un

ejemplo de tecnología con contenido político. La muestra parte del contubernio voluntario entre constructor y administración política, algo que justifica la no neutralidad por la simple acción política voluntaria de los hacedores. Pero, el ejemplo no analiza el problema de fondo, que no es el hecho de que no pasen los autobuses, es que las relaciones de producción capitalistas crean clases con poderes adquisitivos notoriamente diferentes. Si los usuarios de autobús comprasen autos, pasaban por debajo del puente sin problema. Si los puentes hubiesen permitido el paso del autobús, no por ello desaparecerían las diferencias de riqueza. Con el mismo argumento del puente con contenido político se podrían poner miles de ejemplos, como joyas teniendo contenido político porque solo los ricos las compran. La causa de la no neutralidad no está en estos ejemplos en la cosa en sí, en el puente, sino en la estructura de clases sociales. Hay fuerzas necesarias y tendenciales mucho más determinantes que explican la no neutralidad de la tecnología.

Para las teorías constructivistas y sustantivistas el problema de la no neutralidad no radica en el capitalismo y su estructura de clases, sino en la orientación político-ideológica de los diseñadores de la tecnología. Esto genera el interrogante de si la no neutralidad es algo que se pueda alterar con movimientos políticos aún dentro del sistema capitalista. Las teorías sustantivistas no conectan el análisis de las tendencias objetivas del capitalismo con la ciencia y tecnología. Al no partir de la crítica capitalista podrían hasta apoyar el supuesto de que es posible construir tecnologías «no capitalistas» dentro del capitalismo *en forma generalizada*. Las posiciones sustantivistas no confrontan el capitalismo en sus leyes objetivas, cuando mucho buscan intersticios donde expresarse. Hay ejemplos de tecnologías apropiadas que benefician a usuarios determinados, por ejemplo, campesinos o artesanos, lo cual es un caso de cómo la voluntad puede hacer tecnologías que no se orienten a beneficiar al capital. Tampoco estos ejemplos se insertan en un análisis del capitalismo para mostrar su impronta contra-tendencial, y las barreras a su expansión dentro de las relaciones de producción capitalistas, haciendo de ejemplos exitosos para sectores no estratégicos de algún peso ideológico para una futura sociedad no capitalista.

Otro ejemplo, en el mismo sentido, es sugerir que la tecnología no es neutra desde su diseño, y que una participación democrática en aquel podría llevar a superar su carácter no-neutral (Feenberg, 2002). Aquí, nuevamente, aparece la impronta voluntaria y subjetiva de los diseñadores, no mostrando ninguna tendencia objetiva que explique el carácter capitalista de la tecnología contemporánea.

Aún otro ejemplo en el aspecto de privilegiar explicaciones subjetivas y voluntarias es cubrir a la tecnología de un halo religioso, un *deux machine*, que, derivado de su integración sistémica, se ha incrustado en la sociedad desarrollando en los usuarios fe en su inmortalidad y eternidad (Ellul, 1980)¹⁰. Aunque el peso de la ideología en la sociedad no puede negarse, no hay relaciones objetivas que garanticen la reproducción de la tecnología acorde con la trayectoria industrial o capitalista.

¹⁰ Ellul ha investigado la religión y encuentra semejanzas con la tecnología industrial, tanto capitalista como socialista.

Para encontrar tendencias objetivas hay que trasladarse a las relaciones económicas o relaciones sociales de producción que son objetivas, algo que no es común encontrar en los escritos sobre el tema.

La ausencia de análisis que se apoyen en relaciones objetivas y, dialécticamente tendenciales, se explica por el abandono en el campo de la ciencia, tecnología, sociedad e innovación de la crítica de la economía política de Marx. Salvo raras excepciones en el área de la sociología del trabajo y/o en autores aislados, las ciencias sociales han ignorado y evitado el exhaustivo desarrollo que ha hecho Marx del tema tecnológico, tanto desde un punto de vista económico, como sociológico, histórico y humanista.¹¹ El análisis de Marx, con más de 150 años de antigüedad, es profundo y muestra aquellas tendencias objetivas que hacen de la tecnología un instrumento de clase, mostrando que la tecnología no es neutra debido a contradicciones de clase, no a voluntades políticas circunstanciales.

El amplio estudio de Werskey (2007) sobre la evolución del marxismo en las revistas académicas, da cuenta del abandono de esta doctrina por la sociología y los estudios sociales de la ciencia y tecnología, en gran medida como resultado del papel significativo que tuvo la orientación idealista postmoderna desde los años noventa del siglo XX, y la ausencia del marxismo en la educación universitaria luego del derrumbe de la URSS a finales de los ochenta. Pero, pasados treinta años de capitalismo neoliberal y sucesivas crisis económicas y del decaimiento social generalizado, es hora de retomar perspectivas intelectuales abandonadas, aunque de gran utilidad y actualidad.

Lo arriba expuesto son algunos de los variados argumentos que la literatura ofrece sobre la inclinación política e ideológica de la tecnología, sean resultados favorables para la sociedad en su conjunto o perjudiciales, o, más bien, para determinados grupos o sectores en particular. Sin embargo, a pesar de los múltiples ejemplos que se dan en este sentido substantivo, la visión de tecnología-neutra es hegemónica entre los sectores ingenieriles y las ciencias físico-naturales. Existen dos razones para la inclinación de esos sectores académicos hacia la neutralidad de la tecnología.

Tiene gran peso que tecnología-neutra sea la versión que adopta implícita, y a veces explícitamente, la legislación capitalista. La ideología capitalista sostiene que el mercado, la competencia y el desarrollo tecnológico van de la mano, por tanto, lo que se regula son algunos productos de la tecnología y, más comúnmente su uso, pero no la tecnología en sí misma salvo excepciones (Ali, 2009; Craig, 2013; Greenberg, 2016). El argumento para que la jurisprudencia actúe de esa forma es simple y se basa en elementos ideológicos provenientes de la economía neoclásica: es la competencia la que acelera el desarrollo tecnológico y permite productos más eficientes; por lo tanto, no se puede regular la tecnología porque eso significaría colocar barreras a su desarrollo y a la economía en su conjunto. Tampoco la legislación podría favorecer una determinada tecnología porque reduciría la competencia. El mismo argumento puede desagregarse en muchas especificidades.

¹¹ En algunos casos se ha despachado a Marx sin mayor fundamento; como cuando se le acusa de determinista tecnológico, algo absurdo si tan solo se entendiera el concepto de doble carácter del trabajo por él desarrollado.

No se puede, por ejemplo, regular la tecnología porque la búsqueda de tecnologías limpias y sustentables se vería limitada; de igual forma, se reduciría el camino hacia tecnologías más eficientes, más baratas y que alcancen a más usuarios (Postman, 1993, p. 16). «El gobierno de los Estados Unidos elaboró en 1997 un marco general para el comercio de electrónicos con el contenido explícito de su neutralidad tecnológica *rules should be technology-neutral*» (Ali, 2009, p. 7). Asimismo, las Naciones Unidas utiliza el criterio de neutralidad de la tecnología en algunos de sus principios, por ejemplo, en relación con la sociedad de la información (Ali, 2009). La regla legal, apoyada en criterios transparentes, pro-competitividad, y tecnológicamente neutros (Resolution 59/220, 2004).

Sin embargo, algunos juristas, alineados a las posiciones sustantivistas, han salido al paso señalando que la jurisprudencia sobre tecnología nunca fue neutra, a pesar de que así se autoproclame, porque siempre estuvo amarrada a intereses particulares, lobby de corporaciones y asociaciones académicas; además de que es imposible tener una jurisprudencia de neutralidad tecnológica cuando no se puede prever el tipo futuro de tecnología (Greenberg, 2016). Puede ocurrir, también, que la legislación se vea obligada por intereses generalmente corporativos a regular la tecnología, con lo cual desvirtúa sus propios principios, como ha sucedido en el caso de las tecnologías de la información y comunicaciones con el *software* (Thompson, 2011).

Otro elemento de igual importancia que sostiene la hegemonía de la tecnología-neutra es el origen científico. Por lo regular, la tecnología es resultado de la investigación científica en el ámbito de las ciencias físico-naturales e ingenieriles. Estas ciencias se ocupan de las leyes que rigen y explican el comportamiento de la naturaleza. El objeto de estudio de estos investigadores y tecnólogos es la naturaleza externa, y la suya es una relación técnica, si se entiende por esta a las relaciones entre el ser humano y la naturaleza externa. Ahora bien, la mayoría de los ejemplos de las implicaciones de tecnología-no-neutra se refieren a efectos sociales, a consecuencias sociales, a cambios en la sociedad, algo que no es objeto de estudio de las ciencias físico-naturales e ingenieriles, con lo cual las relaciones técnicas no se enfrentan. En contraparte, todas las ciencias humanas y sociales tienen como objeto de estudio las relaciones sociales, no las relaciones técnicas,¹² por ello, estos científicos son más proclives a entender las consecuencias de la impronta que conlleva la tecnología en términos sociales y se inclinan por la tecnología no-neutra.

La no neutralidad de la tecnología, en términos esenciales y no superficiales, no debe buscarse en que alguna tecnología sea hecha para perjudicar un sector o favorecer otro. Cuando esto ocurre en cosas de consumo que no son tecnología es muy claro, difícilmente un yate es construido para los pobres, y los clientes de una joyería son de las clases altas. Lo mismo ocurre con los servicios, como en el caso de los puentes de Long Island que son usados por los ricos que pueden comprar automóviles, al igual que los yates o las joyas.

La no neutralidad de la tecnología debe buscarse en las bases materiales de las relaciones sociales que las crean. En las condiciones actuales, la tecnología es altamente compleja y manifiesta claramente su carácter de clase. Se le llama carácter de clase al hecho de que conlleva la impronta de mantener, reproducir y profundizar la estructura de clases existente.

¹² Para una distinción entre las relaciones técnicas y las relaciones sociales véase Sánchez Vázquez (1983).

Esto último no significa que la misma tecnología no pueda ser usada en forma individual con otros fines, pero en términos sociohistóricos y económicos su destino clasista es la norma, allí radica la esencia de la no neutralidad. Que esto no se vea a simple vista no significa que no pueda detectarse mediante un proceso de abstracción. Este estudio utilizó el caso de la agricultura de precisión para mostrar cómo este conjunto de tecnologías de alta complejidad, y todavía novedosas, tiene ese carácter de clase capitalista y constituye un ejemplo de la no neutralidad de la tecnología.

El *doble carácter* del trabajo y las tendencias capitalistas de la agricultura de precisión

El doble carácter del trabajo es la relación dialéctica y contradictoria entre la expresión técnica y la expresión social de un proceso de producción. Una simple mercancía es un valor de uso con carácter técnico (utilidad), y, simultáneamente, un valor que refleja su carácter social (precio).

Marx (2009) descubre que el proceso de producción capitalista contiene, en sí mismo, dos tipos de relaciones que se manifiestan como una sola, pero que el proceso de abstracción permite su disección y explicación. Unas son las relaciones técnicas. Otras son las relaciones sociales.

Las relaciones técnicas son las que se dan entre trabajador y medios de producción (instalaciones, materia prima, materiales auxiliares, equipos, maquinaria, etc.). Son relaciones técnicas porque para trabajar hay que conocer el uso de la materia prima y los instrumentos, tener experiencia, saber utilizar máquinas, saber cultivar un determinado producto, entre otras. Son relaciones entre personas y cosas con el fin de un producto útil.

Las relaciones sociales son las que se establecen entre los agentes que participan del proceso de producción. Los obreros establecen relaciones técnicas con los medios de producción, pero, simultáneamente, también relaciones sociales con los capataces, los dueños de la empresa, y demás. Un empresario establece relaciones sociales, no solamente con los obreros, también con el capital financiero que le da crédito, los compradores, el Estado que le cobra impuestos, los vendedores que le suministran la materia prima, etc. Las relaciones sociales son relaciones entre personas, que giran en torno a las diferentes formas de propiedad y distribución de la riqueza. Estas relaciones sociales están predeterminadas en cualquier sociedad por la estructura de clases.

Lo importante de esta distinción es que ambos tipos de relaciones (técnicas y sociales) interactúan espontáneamente y de forma dialéctica. A veces las relaciones técnicas comandan a las relaciones sociales. En otros momentos son las relaciones sociales las que determinan las relaciones técnicas. Esa relación dialéctica hace que las tendencias objetivas no se expresen de forma mecánica, sino contradictoria. Un agricultor puede producir alimento para sí mismo, pero en el sistema capitalista no puede evitar vender su producto o parte de él al mercado. El hecho de que la estructura de clases presione por lanzar el producto del

trabajo al mercado reproduce, involuntariamente, relaciones sociales basadas en la competencia, las cuales son relaciones objetivas e involuntarias, son tendencias forzosas. De esta forma, un objeto útil lanzado al mercado no solo cumple la función de ser un bien para satisfacer una necesidad, sino que refuerza el carácter social de la producción organizada por el mercado y al valor como principal regulador. Y, el valor, implica una gran variedad de tendencias específicas, todas ellas objetivas e involuntarias pero forzosas y necesarias de expresarse; lo anterior no elude que existan contra tendencias puntuales que en determinadas circunstancias pareciera que la ley del valor no se manifiesta.

En la AP puede observarse ese movimiento contradictorio de ambos tipos de relaciones. Cuando un agricultor compra una cosechadora con monitor de rendimiento (MR)¹³ comandada por un operador, se establece una relación técnica operador-máquina que permite, con solo un operador, sistematizar muchas variables simultáneamente. Si en condiciones precedentes se necesitaban cien jornaleros, ahora solo uno es suficiente. La relación técnica obliga a establecer la proporcionalidad con el trabajo vivo. En el momento en que el empresario sustituye su equipo comandado por un conductor, por otro automático, el operador es sustituido por el *software* y la relación técnica pasa del antiguo operador de la cosechadora al operador del panel central de información —que bien puede estar en un teléfono inteligente. Nuevamente las relaciones técnicas determinan a las sociales haciendo desaparecer al chofer de la cosechadora.

Veamos ahora un ejemplo inverso, donde son las relaciones sociales las que determina a las técnicas. El empresario agrícola compra su equipo, aquella cosechadora comandada, y debe contratar al operador, que es un asalariado, un trabajador calificado asalariado. El empresario busca optimizar el rendimiento, por ejemplo, haciendo el trabajo asalariado lo más intensivo posible y múltiple en sus funciones. La diferencia que anotan Griffin y Lowenberg-De Boer (2005) sobre la maquinaria para AP producida en Brasil y la producida en los Estados Unidos ilustra el ejemplo. En Brasil, y con el propósito de abaratar costos frente al equipo importado, el diseño de la maquinaria suprime todo tipo de sofisticaciones (*no frills preferences*), porque en Brasil la fuerza de trabajo es más barata y está adaptada a no exigir sofisticaciones (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005), lo que equivale a la diferencia entre un automóvil básico frente a uno *full equip*. Este es un ejemplo de la manera en que el contexto del trabajo asalariado en Brasil condiciona la forma en que se fabrican los equipos técnicos; dicho de otra forma, el bajo precio relativo de la fuerza de trabajo determina características en el equipo mecánico que utiliza.

Del doble carácter del trabajo en la AP se derivan algunas tendencias —dialécticamente contradictorias. Comencemos por las que atañen al trabajo:

¹³ El «Yield Monitor» (monitor de rendimiento) es el principal indicador y primer escalón utilizado en bases de datos sobre agricultura de precisión (MarketsandMarkets, 2014).

Carácter clasista de la tecnología sobre el trabajo

La ciencia capitalista y la tecnología asociada se ven forzadas a buscar permanentemente alternativas productivas más eficientes por razón de la competencia por la ganancia. El resultado es que, con el desarrollo científico-tecnológico y para un determinado monto de inversión es forzoso establecer una proporcionalidad adecuada entre medios de producción y fuerza de trabajo que garantice mayor ganancia. Eso que puede lograr un empresario individual, termina generalizándose y sustituyendo trabajo asalariado por equipo (maquinaria).¹⁴ La agricultura de precisión, como un estadio más avanzado de la agricultura química, que podríamos llamar de agricultura inteligente, es un ejemplo elocuente de esa tendencia.

Pero aquella tendencia se enfrenta a contradicciones. A pesar de que cada equipo demanda técnicamente una determinada cantidad de trabajo para operar, tanto un término (maquinaria), como el otro (trabajo asalariado), tienen un precio en el mercado, y el capitalista debe evaluar si le es más conveniente contratar trabajo asalariado o, en su defecto, introducir maquinaria y equipo. Cuando los salarios son relativamente bajos la introducción de tecnología se enlentece; cuando los asalariados disponibles son escasos o el salario caro, la tecnología se introduce más rápidamente.¹⁵ *La tecnología solo se introduce si resulta más barata que los salarios que desplaza.*¹⁶ Esta ley de la organización del capital demuestra que su composición orgánica (la combinación de la composición técnica y la composición en valor) se rige por la lógica capitalista. En la AP esa ley ha sido ilustrada mediante la comparación de cantidad de monitores de rendimiento por superficie y para iguales cultivos utilizados en países con diferencias salariales notorias. Así, Griffin y Lowenberg-De Boer (2005, pp. 31 y 33) adjudican como una de las causas de la baja cantidad de MR en Brasil a los bajos salarios y la abundante fuerza de trabajo, contrastando con los Estados Unidos y otros países más desarrollados (Wolf y Buttel, 1996). La tecnología se ajusta a los requerimientos de la ganancia, antes que a favorecer el aumento de la producción o satisfacer necesidades sociales. La tecnología tiene carácter de clase.

Una de las manifestaciones del desarrollo tecnológico es lo que se conoce vulgarmente como «desempleo tecnológico». La AP se inscribe dentro de la corriente de la llamada industria 4.0 de automatización tendencial de los procesos productivos en su totalidad y reducción de los tiempos muertos y espacios subempleados. Claramente, la AP genera desempleo. A medida que las relaciones técnicas van haciendo superfluo el trabajo vivo, más trabajadores quedan desempleados y deben reducir su salario para poder sobrevivir. Esto sucede, inclusive, con los operadores de los sistemas sofisticados de AP. La disminución del salario de operadores calificados y demás trabajadores actúa como relación social (valor del salario), como contra tendencia a la demanda técnica de disminuir el trabajo por unidad de capital invertido en

¹⁴ La fuerza de trabajo asalariada tiene mayores límites en el grado de explotación (duración de la jornada, leyes laborales, nivel de desarrollo social, etc.) que el avance tecnológico cuya eficiencia técnica solo depende del desarrollo científico-técnico prácticamente ilimitado.

¹⁵ Muchos otros elementos entran en juego, como el precio del suelo, los impuestos, etc.

¹⁶ «... el uso de la máquina está limitado por la *diferencia que existe entre el valor de esta y el valor de la fuerza de trabajo que reemplaza*» (Marx, 2009, p. 478).

tecnología. El doble carácter del trabajo explica tanto la tendencia al desempleo, como la contra tendencia a frenar la tecnología. En algunos casos esto se presenta como una acción política consciente: empresarios que emplean tecnología para bajar los salarios, aunque la ganancia sea menor durante un periodo, de manera de disciplinar a los trabajadores a un determinado ingreso. Hemos visto un ejemplo a mediados de la década de los setenta en un ingenio en Veracruz, México, con máquinas cortadoras de caña de azúcar en galpones y nunca usadas, pero con los portones abiertos para que los jornaleros cortadores las vieran. Cada vez que había reclamo por aumento de jornal, el patrón mostraba la maquinaria y acababan los reclamos. Un uso político del doble carácter del trabajo a que se sometían los jornaleros: monto salarial derivado de las relaciones sociales y actividad técnica posible de ser sustituida por máquinas. Aunque pueda parecer absurdo, en la equivalencia que hace el empresario entre salarios y costo de la cosechadora incluyen factores asociados, como el mayor grado de sacarosa de la caña verde, la pérdida que ocasiona quemar necesariamente la caña para utilizar la cosechadora o el desperdicio de la parte de la caña que crece rastrera antes de elevarse.

Puede ocurrir lo inverso, que la tecnología sea más barata que los salarios que desplaza, creando desempleo. Esto es reconocido por los analistas de la AP en los países desarrollados: «Determinada tecnología de la agricultura de precisión es ahorradora de trabajo (e.g. guías por GPS). Cuando los costos laborales son bajos, se reduce el ahorro en economizar trabajo» (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 33).

Lo que puede ser una ventaja técnica y de mejores condiciones laborales para el operador individual del equipo se transforma en una penuria para los trabajadores desocupados. Técnicamente se aprecia una mayor eficiencia productiva y una mejoría en el trabajo de la empresa; socialmente se aprecia un beneficio económico para el dueño del capital invertido y una fatalidad para la clase trabajadora. Aquellos que suponen la no neutralidad de la tecnología solo prestan atención a su manifestación técnica. Pero también están errados los que adjudican la no neutralidad solo al papel político que en algunos casos se hace evidente, ya que la esencia de la no neutralidad no está ni en los rasgos técnicos, la mayoría de las veces no visibles, ni en las manifestaciones políticas de los agentes involucrados, que son subjetivas y circunstanciales, sino que está en la manera como las relaciones sociales capitalistas convierten avances tecnológicos en ventajas para el capital y, paralelamente, en angustias para las clases trabajadoras. La tecnología tiene, objetivamente, carácter de clase.

Otra manifestación de ese carácter de clase en la tecnología asociada a la AP es la calificación del trabajo. Acentuar los requerimientos técnicos que obligan al operador de los MR a calificar el trabajo es una visión parcial, que olvida que, paralelamente, genera lo que se llama obsolescencia laboral. Inclusive ocurre en empresarios que trabajan directamente su equipo de AP, y que por edad o dificultad de absorber las nuevas tecnologías no tienen las condiciones para aprender a operar los sofisticados mapas de rendimiento, los *softwares* de los monitores y la lectura de los informes que automáticamente se van creando (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005; Bellon Maurel y Huyghe, 2017; Wolf y Buttel, 1996). Un informe del 2014 sobre agricultura de precisión en Brasil identificó el perfil de los propietarios y administradores que adoptan AP como «joven, instruido y propenso a utilizar

más tecnologías e informática y cultivar grandes extensiones de tierras» (Bernardi et al., 2015, p. 209).^{17, 18}

La AP arrasa con el conocimiento tradicional campesino y de productores directos de mediana escala al tiempo que complica la actualización de un importante sector de empresarios agrícolas. El conocimiento sobre las características del suelo, de cultivos, clima, fertilizantes, entre otras., aparece ahora cristalizada en mapas georreferenciados y ajustados por cultivos y regiones, que ofrecen al operador y técnico todo el conocimiento de forma procesada en múltiples ecuaciones y posibilidades de crear aún otras. El conocimiento adquirido por la experiencia deja su lugar al conocimiento cristalizado en equipos que, como cualquier mercancía, no está a disposición de todos, sino de aquellos con el poder adquisitivo. Parafraseando a Marx, el *fixed capital* se apropia del *general intellect*. Partiendo de una revisión histórica del concepto de *general intellect* utilizado en Inglaterra en los años en que Marx escribía los *Grundrisse*, Pasquinelli (2019) muestra que la preocupación de Marx era que el desarrollo de la maquinaria tendría un efecto adverso para la clase trabajadora, siguiendo al socialista utópico Thompson (1824) en su libro, dado que la maquinaria concentraría el intelecto y sería el vehículo para la explotación del trabajo.

La obsolescencia laboral de los no capacitados anuncia la obsolescencia de los más capacitados que consiguen mantenerse en actividad, porque la tendencia es que también ellos sean desplazados por el capital fijo junto a la automatización total del proceso productivo. Debe notarse que toda acción individual por incorporar AP significa una retroalimentación involuntaria e inconsciente a aumentar la competencia para favorecer la expansión de tal tipo de tecnología agrícola. La acción humana productiva es simultáneamente discreta en un proceso de trabajo y social en un producto que reproduce las tendencias de la estructura de clases vigente. Claro que esa estructura de clases puede cambiar, y lo ha hecho históricamente modificando la estructura productiva en el feudalismo, la antigüedad esclavista y otras, pero aquí lo que estamos analizando es la relación dialéctica entre las acciones técnicas subjetivas y el surgimiento de las tendencias involuntarias objetivas dentro de un determinado sistema de relaciones de clase. Sin este análisis la acción política colectiva pierde de vista las leyes últimas que explican el movimiento de la sociedad.

Debe considerarse que aún los pocos trabajadores calificados que operan la AP son ellos mismos desposeídos de información. Existe una gran dependencia de los usuarios del sistema de precisión respecto de los fabricantes del equipo. La mayoría de estos sistemas que combinan la maquinaria con los monitores munidos de *softwares* específicos no pueden ser utilizados sin el servicio acoplado al contrato. Así, por ejemplo, un sistema de manejo de agua controla y ajusta el equipo según diversas variables tomadas del GPS y de la información que el propietario proporciona, ajustando la forma óptima para no desperdiciar

¹⁷ Fernandez-Cornejo et al. (citados en Sykuta, 2016) «encuentran que productores con educación universitaria son 15 % más proclives a adoptar prácticas de precisión» (p. 60).

¹⁸ Griffen et al. (citados en Sykuta, 2016, p. 58) argumentan que la precisión implica capital humano intensivo, lo cual sugeriría que los agricultores más viejos estarían menos dispuestos a hacer inversiones dado su más corto horizonte de expectativa.

agua con errores como el regar caminos o canales, y distribuir el agua según el declive del terreno para ajustar el riego de acuerdo con los químicos y fertilizantes utilizados, para distinguir si el suelo está en cultivo o ya en grano, y otros datos (Lindsay Irrigation, 2020). Esto significa que la información que se va recopilando pasa automáticamente a la central de la corporación que creó el sistema. Esta no solo le ofrece al empresario servicio en tiempo real, sino que, además, le sugiere correcciones, haciendo cada vez más inútil el trabajo calificado. La comparación de miles de casos desperdigados por el mundo solo puede ser procesada con algoritmos (*big data*) que luego sugieren alternativas para cada cliente en particular (Gamaya, s.f.). Véase la elocuente cita:

El enfoque de alta tecnología de Gamaya comienza con una cámara hiper espectro de 40 bandas, que mide la luz que las plantas reflejan en la medida de su crecimiento. Según la compañía, las plantas con diferentes características fisiológicas de refracción de luz permiten la detección temprana de enfermedades, de crecimiento de la mala hierba y de las deficiencias nutricionales (Evans, s.f.).

El trabajo consolidado en mapas, ecuaciones y tablas de resultados es homogéneo. La homogeneización del conocimiento puede ser en términos productivos más eficiente, pero la pérdida de la diversidad de conocimiento es evidente.

Al igual que las mercancías, también el trabajo calificado se homogeneiza, ahora en manos de los equipos y *softwares* corporativos. La maquinaria y los dispositivos de la AP no son equipos neutrales, controlan el desempeño mental de los operadores marcando los pasos que deben seguir en el proceso productivo, ajustado a los intereses del capital. Sin necesidad de acuerdos políticos o negociaciones entre administradores, los medios de producción de la AP homogeneizan al trabajo calificado y lo obligan a ajustarse a los dictámenes de la valorización del capital.

La mayor calificación de los operadores de los MR, como ejemplo de la mejora en las condiciones de la fuerza de trabajo, debe ser tomada con cautela, ya que el MR registra el tiempo que demora la cosechadora segundo a segundo, el peso del material cosechado, los surcos realizados, el orden geográfico de trabajo en el lote, y, con ello, el control sobre el operador de la cosechadora es total,¹⁹ inclusive presionando para extender la jornada laboral y, con ello, la intensidad del trabajo (Wolf y Buttel, 1996).²⁰

Aún sin manifestaciones visibles, la tecnología no puede ser neutral en el capitalismo; no solo es diseñada para acompañar el aumento en el rendimiento del capital constante (fijo y circulante), sino también para aumentar el grado de explotación de la fuerza de trabajo, aun cuando mejoren las condiciones de trabajo de los que aún permanecen en activo. Pero, debe notarse que el diseño del equipo capitalista para hacer rendir más el capital no

¹⁹ «Muchas compañías de camiones en EE. UU., y en Europa usan GPS y telemetría para dar seguimiento y supervisar a los conductores. Softwares similares son adaptados para uso de pequeños comerciantes» (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 32)

²⁰ Uno de los principales beneficios del GPS es alargar la jornada laboral. Instrumentos de AP pueden ser utilizados para mantener el registro, supervisando calidad y empleados (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 32).

es una opción voluntaria del diseñador: si el equipo no reduce los costos no sobrevive a la competencia capitalista, también esta es una tendencia objetiva, no una decisión voluntaria. El tipo de diseño del equipo depende de fuerzas objetivas que el ingeniero debe asumir. La tecnología también tiene carácter de clase porque con su implementación arrasa con los remanentes de las clases no totalmente capitalistas, como son los artesanos y campesinos.

Carácter clasista de la tecnología al interior del capital

En este momento pasamos a analizar el carácter clasista de la tecnología en cuanto a sus impactos al interior de los propios sectores y fracciones capitalistas. Lo primero que salta a la vista es que, como en cualquier otro sector económico la tecnología favorece un proceso de concentración, y con mayor razón en la agricultura que tiene como base el suelo donde también favorece un proceso de centralización del área de explotación.

Concentración y centralización del capital son dos manifestaciones del doble carácter del trabajo. La concentración deriva de las relaciones sociales que presionan para el abaratamiento de los equipos, y una de las modalidades es la economía de escala. La centralización obedece a las características técnicas de la explotación agrícola que, a diferencia de la industria, la expansión, compacta en territorio, es la contraparte industrial que tiende a crecer verticalmente.

La concentración se visualiza en la producción industrial de equipo para la AP, en aquellas empresas productoras de maquinaria y de insumos.

Deere & Company es líder en el mercado; es conocida por su mayor marca, la John Deere. La CNH Industrial pertenece al grupo Fiat; sus doce marcas incluyen Case, New Holland, Steyr, Magirus e Iveco. El tercer mayor actor es AGCO, de los EUA, con Gleaner, Deutz-Fahr, Fendt y Massey Ferguson; estas tres empresas comparten más del 50% del mercado global (Santos y Glass, 2018, p. 16).

John Deere, una de las empresas líder en su industria en el suministro de tecnologías de generación de datos en su equipo agrícola, y Monsanto y DuPont Pioneer, que juntas controlan la mayoría del mercado norteamericano de semillas de maíz y soya, están compitiendo para suministrar herramientas para la toma de decisiones agrícolas usando analítica de *big data* (Sykuta, 2016, p. 58).

La agricultura no se queda atrás y la centralización se manifiesta de varias maneras con la AP. Griffin y Lowenberg-De Boer (2005) sostienen, por ejemplo, que la mayor cantidad relativa de MR en Argentina en relación con los Estados Unidos es debido, en parte, a que en el primer país las extensiones son mayores, lo cual facilita la introducción de la tecnología; y agregan un sólido indicador: en Argentina el MR cubre, en promedio, cinco veces más hectáreas que en los Estados Unidos. Dado que un MR interpreta con igual costo una extensión de dos mil hectáreas que una de veinte mil, la velocidad de amortización es mayor en las grandes extensiones. Claro que otras variables entran en juego, como el precio del suelo; los mismos autores agregan que, mientras para el primer quinquenio del 2000 Estados Unidos tenía 124 MR cada millón de hectáreas, Argentina tenía solo 56; o sea, el bajo

precio del suelo contrarrestaba la presión por introducir tecnología que el tamaño de superficie reclamaba. Vale anotar que, en Brasil, al ser aún menor el precio del suelo, esto llevaba a que tuviese menos MR por millón de hectáreas, con solo cuatro, mientras que Chile y Uruguay se ubicaban entre Argentina y Brasil. Registros de Brasil señalan que allí también la AP se incorpora a grandes extensiones con cultivos de granos, «los efectos benéficos de la AP están más restringidos a extensas áreas de granos, generalmente operados por grandes compañías ligadas a la producción de granos» (Borghi et al., 2016, p. 89). Una encuesta realizada por los mismos autores sobre los agricultores de soja que usan AP muestra que el 67 % tienen más de mil hectáreas, y en maíz, que es la segunda siembra con AP, el 56 % tienen más de mil hectáreas (Borghi et al., 2016, p. 92).

La cosechadora de algodón es un equipo específico, solo aplicable a ese cultivo, por tanto, requiere escala para que sea económicamente viable. El requerimiento técnico se impone al valor social. Necesita escala para que se aplique. A diferencia, las cosechadoras de grano pueden utilizarse para varios cultivos, lo cual permite una amortización más rápida del capital y facilita la incorporación de estas cosechadoras a un ritmo mayor al de las de algodón.

Varios autores concuerdan con este avance o retroceso de la concentración de la AP debido al grado también diverso de desarrollo tecnológico y condiciones que el cultivo ofrece (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005; Molin, 2014).

En definitiva, la combinación de variables que cristaliza en el volumen de capital invertido en el predio hace la diferencia al introducir las tecnologías de precisión. Como señalan (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 32), un GPS de seis mil dólares con servicio de corrección incorporado es insignificante para una inversión de cien mil dólares o más, pero puede no serlo para una mucho menor. También con el uso de los GPS hay economía de escala: «La guía por GPS automatiza parte de las operaciones del equipo. Una de las principales ventajas de ella es trabajar más tierra con el mismo equipo, reduciendo desperdicio y superposición, y extendiendo la jornada laboral» (Watson; Lowenberg-Deboer y Griffin et al., citados en Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 32).

Estas diferencias entre los empresarios agrícolas, el hecho de que la tecnología acentúe características de cada predio, generan diferenciación económica. Pero, cuando estas mismas causas se llevan al campo internacional, muchas veces se incrementan las dificultades de competitividad, ya que intervienen otros factores, como la política fiscal y de subsidio de cada país. Pero, en términos de la tecnología, la dependencia a un puñado de corporaciones extranjeras (Santos y Glass, 2018) que, no solo abastecen de tecnología sofisticada, sino que de ellas dependen para efectos de servicios y refacciones, pone a los países menos desenvueltos en competencia desigual frente a los más desarrollados, además de que sin la tecnología sofisticada no se pueden crear los nichos de mercado que vendan productos con específicos niveles de humedad, color, nutrientes, etc. (Molin, 2014; Wolf y Buttel, 1996).

Lejos de permitir un salto adelante en los países en vías de desarrollo para equipararse con los más desarrollados, estas nuevas tecnologías constituyen una nueva barrera. En América

Latina, la mayoría de la tecnología para la AP es importada de los países centrales (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005; Molin, 2014).

Semejantes diferencias en el campo internacional pueden encontrarse dentro de los países. El punto de partida para la AP es el acceso a Internet wifi. En regiones rurales apartadas este servicio puede ser deficiente o no existir (Mark et al., 2016).

La AP implica una cadena de dependencia respecto de los servicios de información que levanta preocupación por parte de los agricultores y la posibilidad de una completa fragilidad. Sykuta muestra los eslabones que amarran al productor a los programas de AP de, por ejemplo, Monsanto. En ellos, el agricultor debe ofrecer información de campo durante dos años FieldScripts® para que la corporación le prescriba sus semillas híbridas DEKALB® y procesos subsiguientes (Sykuta, 2016, p. 60). De comienzo a fin, Monsanto controla el proceso productivo sin posibilidad de que el productor cambie la «receta» sin que conozca los criterios agronómicos seleccionados por la corporación, porque se trata de algoritmos que hoy en día son objeto de propiedad intelectual. Otros programas ofrecen sistemas semejantes,

El sistema de Pioneer, por ejemplo, permite al agricultor no solo tener todos sus datos en una ubicación accesible en nube, sino también compartir notas (incluyendo notas de campo con etiquetas GPS) e información de progreso con empleados, consultores agrícolas y otros proveedores de servicios. El servicio R7 de WinField combina los datos sobre siembra y de campo de los agricultores con información sensible a la teledetección desde satélites para ayudar a identificar desequilibrios en humedad y nutrición, lo que permite al agricultor aplicar los insumos apropiados de manera más eficiente usando sistemas flexibles. Tal como Monsanto, ambos funcionan a través de una red de distribuidores certificados (Sykuta, 2016, p. 61).

El autor de la cita anterior termina preguntándose si «Tales usos de los datos agrícolas llevan a la pregunta de quién es dueño de los datos y del valor creado por el uso de estos, quién tiene acceso a los datos y para qué fines se pueden usar» (Sykuta, 2016, p. 62).

No es una cuestión menor que la corporación que posee la información detallada pueda elevar los precios de determinados insumos cuando pronostique una cosecha excepcional, pero sin que el agricultor sea informado, apropiándose de la renta diferencial que antiguamente correspondía al productor, ahora con antelación y mediante la venta de insumos: «No obstante, el acceso a dichos datos se puede utilizar para especular en los mercados de *commodities* con información que los participantes del mercado no pueden conocer, lo que produce preocupación acerca de la manipulación del mercado» (Sykuta, 2016, p. 65).

Dado que todo el proceso productivo se convierte en diferentes eslabones con productos y precios diferentes, y todos amarrados a derechos de propiedad, algunos agricultores son susceptibles a riesgos financieros relativos a la propiedad de los datos, la privacidad de la información, la seguridad del almacenamiento de la información, el tipo y restricciones de acceso y utilización, y la transferencia de la información (Mark et al., 2016).

El carácter capitalista de la tecnología de AP golpea no solamente la diferencia de clase, como vimos en el apartado anterior, sino también a las fracciones y sectores dentro de la propia clase capitalista; son tendencias objetivas totalmente independientes de la voluntad y de la consciencia que los actores tengan de ellas.

Apropiación del conocimiento histórico de la sociedad

El doble carácter del trabajo explica que las relaciones sociales obliguen a sustituir trabajo vivo por maquinaria y equipo, al tiempo que las relaciones técnicas van concentrando información en el equipo. Pero el conocimiento no es solo el invertido por los laboratorios científicos y las industrias de medios de producción; el capital se apropia del conocimiento universal de la humanidad, algo que no pagan ni deberían porque es un recurso que no tiene valor, al igual que el viento, se trata de un resultado natural del desarrollo social humano, que trasciende épocas históricas, regiones geográficas e idiomas, pero el beneficio no se aplica para ventajas comunes de la sociedad, sino que exclusivamente para ventajas económicas de las corporaciones.

El conocimiento histórico de la sociedad cristaliza en cosas materiales. Esto es evidente si se considera que para que un equipo funcione debe respetar las leyes de la resistencia de los materiales, de conductividad eléctrica, de catálisis, etc. El producto final, la máquina, el monitor, el simple martillo lleva en sí mismo, en su materialidad, una proporcionalidad y relación entre materiales que le hace posible funcionar eficientemente. Un usuario puede utilizar esos equipos sin conocer la complejidad de las leyes científicas que armónicamente se respetan en un equilibrio que hace del útil un instrumento efectivo. *Cuando una clase social posee la tecnología, posee, sin proponérselo, y sin siquiera imaginarse, el conocimiento histórico cristalizado en esa tecnología.* Esto no refiere al conocimiento contratado por la empresa que fabrica el equipo y que responde a un salario más o menos calificado, sino al conocimiento general de la humanidad. En el sistema capitalista, la clase capitalista es la poseedora de esta ventaja histórica, pero no la socializa, sino que la privatiza. Las relaciones sociales evitan que las relaciones técnicas que usufructúan gratuitamente la historia cultural de la humanidad sean utilizadas en beneficio colectivo; la clase capitalista también lucra con este agregado natural.

La apropiación del conocimiento mediante el control de la ciencia y tecnología, siendo una ventaja para el capital, constituye a la larga una desventaja para la sociedad en su conjunto, incluida la propia clase capitalista. Esto es así porque al poseer los medios de producción la clase capitalista es la única que tiene condiciones para transformar el ambiente externo y extraer de allí los recursos necesarios para que la sociedad humana metabolice. Y, como la ley de la ganancia obliga a producir bajo condiciones de costo beneficio de corto plazo, la degradación y depredación del ambiente es una consecuencia forzosa de las relaciones sociales capitalistas, como se presenta en la crisis ambiental contemporánea. Este proceso, que es una combinación del comando de las relaciones sociales sobre las relaciones técnicas —estas últimas ajustadas al rendimiento técnico inmediato y a la contabilidad por valor—, lleva a poner en jaque la posibilidad del propio sistema capitalista de reproducir mínimas condiciones ambientales de sobrevivencia. Así, los efectos sobre la naturaleza externa, su

destrucción, su contaminación y degradación se deben y son responsabilidad de la clase capitalista.

Como cualquier tecnología, el surgimiento y desarrollo de la agricultura de precisión no es un hecho independiente del contexto histórico. Se nutre del avance científico en muchas otras ramas tecnológicas; por ejemplo, requiere de la Internet y de la comunicación satelital, y de otras tecnologías asociadas a la micro y nanoelectrónica y la óptica. No solo requiere de las modernas tecnologías que son fruto de la revolución de las TIC (tecnologías de la información y comunicación), también de la mecánica que permite sofisticadas cosechadoras combinadas, y así podría rastrearse conocimiento incorporado a la AP desde las primeras formulaciones matemáticas y físicas siglos atrás. Esto no es exclusivo de la AP, sucede con cualquier innovación tecnológica; el conocimiento humano es acumulativo. Pero, mientras ese cúmulo de información pasada es parte de la experiencia histórica, un legado de la humanidad, su usufructo no lo es. Para acceder a la AP es necesario poseer los equipos apropiados, y esto solo lo pueden hacer los capitalistas.

Según análisis realizados por varios autores, son los grandes agricultores que concentran largas extensiones de tierra bajo cultivo y, ubicados en contextos económicos particulares que garantizan un acceso sostenido y rápido a insumos y servicios, son los que acceden a los mayores beneficios de la AP.

Es el caso del monitor de rendimiento —MR (*yield monitor*). Este es un dispositivo que, incorporado a la maquinaria de campo, por ejemplo, a una cosechadora, tiene como objetivo crear un mapa del área en explotación que integre múltiples variables y ofrezca como resultado la mejor opción de inversión de manera localizada. El MR mide la tasa en la cual el grano limpio entra al contenedor de la cosechadora, el grado de humedad, la temperatura y muchas otras variables. Al decir de un técnico en AP, «yield maps show the money», el MR enseña el costo-beneficio de cada pequeño espacio del área en cultivo, combinando variables como fertilidad del suelo, tipo de suelo, histórico del clima, enfermedades y presión de insectos, diferentes variedades de productos sembrados, grado de drenaje del suelo, áreas compactadas, entre otros. Los principales usos del monitor de rendimiento son: el diagnóstico de problemas en la producción de un determinado cultivo; el estimar la potencialidad de un espacio específico; y la investigación de información en campo. El informe que ofrece puede ser de utilidad para tener un histórico que facilite la venta o alquiler del predio. El resultado muestra mapas georreferenciados que interpretan información cruzada y señalan el mejor camino para tomar decisiones de inversión. Los agricultores acostumbrados al análisis costo-beneficio del predio en explotación pueden, al usar AP, tener información detallada del costo-beneficio sobre el desagregado del predio, por lotes o espacios pequeños, pudiendo disminuir o aumentar insumos o comparar variedades en espacios reducidos «metro a metro». El control mercantil del tiempo y espacio de producción tiende a miniaturizarse, al igual que los dispositivos que lo analizan. Las tres principales tecnologías del monitor de rendimiento muestran cómo la AP utiliza el conocimiento pasado: el receptor de señales de GPS, que implica conexión satelital e internet; los múltiples sensores (de volumen, de impacto, de humedad, temperatura, y demás.), que emplean tecnologías paralelas fotoeléctricas, mecánicas de rotación, dieléctricas, de radiación, etc.; y los sistemas de computación y almacenamiento de información (Shearer et

al., 1999).²¹ El costo de ese equipo es la barrera socioeconómica que distingue quiénes pueden acceder al conocimiento pasado y cristalizado en esas tecnologías: solo los grandes y capitalizados agricultores. Que estos capitalistas paguen por el equipo de la AP no significa que paguen por el conocimiento histórico, resultado de la experiencia acumulada de la humanidad y que, como legado de ella, debería corresponder a todos los sectores y clases sociales, y no solo a los capitalistas agrícolas. La actividad humana cristaliza en la tecnología física el conocimiento, pero es la estructura de clases que impide el acceso a ella; en el capitalismo bloquea el acceso a aquellos sin las condiciones y poder de compra, convirtiendo lo que es un conocimiento humano colectivo en una posesión privada clasista.

Con la compra de los equipos de AP los agricultores capitalistas también se apropian del desarrollo de la división social del trabajo, que es, también, un resultado histórico y, por tanto, colectivo de la humanidad. El MR no podría haber surgido fuera del contexto de la internet, los satélites, la micro y optoelectrónica, etc. (Bellon Maurel y Huyghe, 2017), pero el agricultor que compra el monitor explota de forma gratis ese avance de la división del trabajo; porque al pagar por el equipo físico solo cubre los costos de producción y la ganancia, pero no aquel resultado del conocimiento especializado de la humanidad. Esto se manifiesta cuando el agricultor de AP precisa de servicios de mantenimiento o de conexión a internet, por ejemplo. Esta es una de las razones por las cuales no puede extenderse la AP con la misma velocidad en países de diferente nivel de desarrollo capitalista. Esto ocurre también dentro de cada país, donde en algunos casos existen mapas actualizados de rendimiento por fertilizante para cada cultivo, lo cual permite al agricultor comparaciones (Molin, 2014). En otras situaciones esta información está disponible gratuitamente por los servicios gubernamentales,²² pero también existen empresas que venden estos servicios, lo que se ha extendido desde el neoliberalismo (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005; Wolf y Buttel, 1996).

Tanto la apropiación del conocimiento pasado como el poder contar con desarrollos paralelos y útiles en otras ramas económicas son resultados históricos del desarrollo de la capacidad humana de manipular la naturaleza. Estos desarrollos se transforman en ventajas competitivas cuando el equipo físico para acceder a ellos está privatizado y lo que es un resultado histórico colectivo se transforma en un efecto de beneficio individual para el capital agrícola. Esto demuestra que las relaciones sociales de producción capitalistas hacen del avance tecnológico en cualquiera de sus manifestaciones un proceso no-neutro, mostrando su carácter de clase. No es secundario el hecho de que buena parte de las nuevas tecnologías, incluyendo las asociadas a la AP, sean tecnología de doble uso (militar y civil), y que muchas de ella, como la Internet (Pentágono), el satélite (guerra fría), el GPS (global navigation satellite system) y los RS —remote sensors— (militar) tengan su origen militar, y los desarrollos civiles posteriores, inclusive los mapas de georreferenciamiento de la AP, sean atentamente seguidas por los servicios militares para su potencial retroaprovechamiento (Wolf y Buttel, 1996).

²¹ El monitor de rendimiento puede ser usado sin georreferenciamiento, pero su capacidad es muy limitada. Solo con GPS se puede hacer uso completo de la información (Griffin y Lowenberg-De Boer, 2005, p. 22).

²² Un ejemplo es el acuerdo firmado en 2020 entre la Agencia Espacial Mexicana y la Universidad Autónoma del Estado de México para elaborar información satelital útil a la agricultura de precisión (Alcalá, 2020).

El carácter político y el uso subjetivo de las tecnologías

En los tres ítems anteriores se hizo referencia a las fuerzas o tendencias intrínsecas al desarrollo de la tecnología capitalista y cómo ellas manifiestan su carácter de clase en apoyo al polo capitalista de la contradicción capital-trabajo. Estas tendencias tienen su origen tanto en el conocimiento histórico plasmado en la ciencia y tecnología y que sobrepasa la historia del capitalismo, como en las propias contradicciones capitalistas que van incrustando en las nuevas tecnologías su inclinación hacia el capital, y hacia el mayor capital corporativo del cual dependen los países menos desarrollados en el abastecimiento y mantenimiento de los equipos.

También la tecnología asociada a la AP, así como la mayoría de las tecnologías que nacen y se expanden a finales del siglo XX y durante el siglo XXI, juegan un papel clave conscientemente explotado por la propaganda y la política tecnológica corporativa, que también permea muchos sectores sociales y diferentes organizaciones. Se trata de lo relacionado con la economía de recursos naturales y de materia prima transformada, y con la reducción significativa -según la propaganda- de residuos como reclama la economía circular en muchos casos asociada. Con esto la AP levanta la bandera de la sustentabilidad (Wolf y Buttel, 1996), integrando algunas voces de ONG ambientalistas y también de científicos, políticos y demás intelectuales. Hasta dónde esto tiene algún nivel de objetividad es un aspecto que requiere mayores investigaciones, particularmente en lo que tiene que ver con el amplio uso de las nanotecnologías en todos esos equipos y su discutible riesgo asociado a los efectos de los químicos en nanoescala, y al uso de satélites y ondas electromagnéticas, ahora en amplia discusión sobre sus efectos toxicológicos con el desarrollo de las nuevas 5G y ya pronosticadas 6G y 7G. Pero, si hay discusión en torno a los beneficios o perjuicios sobre los consumidores, en lo que tiene que ver con la economía de fuerza de trabajo y, por tanto, de la AP como afrenta contra la clase obrera, eso es ya claro e innegable, y lo que Marx advirtió hace 180 años, que el capital fijo secuestra y cristaliza el conocimiento histórico de la humanidad, y que la clase capitalista, al hacerse propietaria o usufructuaria de ese *fixe capital* se adueña del conocimiento histórico de ese *general intellect*, es cada vez más cierto.

CONCLUSIONES

Hemos revisado las principales tendencias con que se desarrolla la agricultura de precisión. Estas tendencias objetivas fueron ajustadas con ejemplos de momentos en que se evade la tendencia por diversas causas, ya que se mueven en forma contradictoria con muchas otras variables. Algunas de las principales tendencias explican, claramente, el carácter de clase de la tecnología. Entre ellas se destacan:

La apropiación privada del conocimiento histórico. Cualquier generación parte de un cúmulo de fuerzas productivas con sus características particulares, esto es un hecho dado y objetivo. El diseñador de un artefacto tecnológico utiliza la materia prima y los instrumentos que en

ese momento están disponibles y resultan económicamente viables para el proceso productivo al cual la tecnología se destina. La tecnología no es construida aisladamente y, según voluntades aisladas, es construida siguiendo un contexto de desarrollo de las fuerzas productivas particular y de los valores económicos que ella representa. El productor compra esa tecnología pagando su precio de mercado, *pero este no incluye la acumulación histórica del conocimiento, algo que pertenece a humanidad en su conjunto, pero que termina siendo parcelado y apropiado en forma privada*. Esto ocurre en cualquier modo de producción. La novedad del capitalismo es que la clase capitalista, que es la que posee los medios de producción, explota el conocimiento histórico de la humanidad en beneficio propio incrementando la ganancia.

La cristalización del conocimiento general en la tecnología. Los medios de producción cristalizan conocimiento en su materialidad. Ningún objeto o instrumento podría tener utilidad si no respeta las leyes fisicoquímicas para su uso. Así sucede que el consumidor o usuario no requiere conocer las leyes que rigen la materia, puede usar los útiles confiando en que el instrumento cumplirá eficientemente la función. Antiguamente el artesano debía conocer las características de los instrumentos y los materiales y era tanto diseñador como productor. Con el capitalismo esto se ha perdido, y son los objetos físicos quienes concentran el conocimiento. Los computadores y los sistemas interconectados de la *big data* son elocuentes expresiones modernas. En la medida en que todos estos instrumentos y medios de producción en general son mercancía, solo están al acceso de la clase capitalista. El trabajo humano corriente, universal, el *general intellect* se ha desprendido de su historia para plasmarse en la máquina, en la herramienta. Por ello, el dueño de esos medios no solo los exprime según su eficiencia, y obtiene con ello un producto, sino que el producto no es un resultado discreto, sino *una consolidación de conocimiento histórico materializado*. La agricultura de precisión utiliza sofisticados algoritmos y dispositivos que no están al alcance del productor, sino de las grandes corporaciones.

La subordinación del trabajo vivo del obrero a los dictámenes de la tecnología transformada en capital. Dado que el rápido desarrollo de *los medios de producción* es una ley del capitalismo derivada de la competencia por las ganancias, que una vez que entran como capital en el proceso productivo *desplazan al trabajo vivo*, lanzando trabajadores al vulgarmente llamado desempleo «tecnológico», la agricultura de precisión tiene el objetivo de eliminar completamente el trabajo vivo. Cada vez que un agricultor incorpora agricultura de precisión está alimentando involuntariamente aquella tendencia objetiva a subordinar el trabajo al capital. La misma tendencia a consolidar en el capital el control sobre los procesos laborales tiene su símil en el control del capital sobre los ecosistemas. Sin esos medios de producción no hay forma de apropiarse de naturaleza externa, para transformarla en alimentos, viviendas, instrumentos, medios de transporte, de comunicación, etc. El destino de la naturaleza externa está en manos del capital.

La tecnología se incorpora a la producción para abaratar los costos, no para hacer la vida humana más placentera. El capitalista introduce tecnología cuando es más barata que la fuerza de trabajo que desplaza, de otra forma la tecnología podría estar inventada pero no se usa. Es un mito del pensamiento vulgar suponer que el propósito de la invención e innovación es mejorar las condiciones de vida. Esto último, cuando ocurre, es solo y después

que demostró abaratar los costos y mejorar la tasa de ganancia. Por eso, muchas invenciones comienzan en los sectores militares, porque el sector no se rige por la ley del costo-beneficio. Muchas de las tecnologías incorporadas a la agricultura de precisión tienen origen militar (Internet, satélite, GPS, drones, etc.).

La tecnología reduce los costos y tiene el propósito de aumentar la explotación del trabajo. Todo tipo de instrumento, maquinaria, materia prima, entre otros, que aumenta el rendimiento del obrero en la misma jornada incrementa la tasa de plusvalor extraordinario que captura el capitalista innovador de manera inmediata y a la venta de su producto como ganancia. La agricultura de precisión produce más en menos tiempo. Marx llama de plusvalor relativo cuando la innovación generaliza en la sociedad aquel avance individual. Esto es aún más impactante cuando el aumento de la productividad ocurre en los sectores productores de medios de vida, como es el caso de la agricultura. Ocurre algo semejante cuando aumenta el rendimiento de la fuerza de trabajo al hacerla más intensiva. Uno de los objetivos explícitos de la agricultura de precisión es reducir los llamados tiempos muertos, lo que intensifica la explotación del trabajo por la vía del aumento de su intensidad laboral.

La tecnología favorece a los mayores capitales. No solo por la afrenta contra las clases trabajadoras la tecnología tiene carácter de clase, también la tiene porque no es un medio de producción que favorezca al capital de manera homogénea. Lo hace ajustándose a tendencias que privilegian las ventajas de la escala de explotación, y del avance paralelo en las condiciones institucionales y administrativas del país en que se encuentra, privilegiando, asimismo, a los países avanzados sobre los países en vías de desarrollo.

Las anteriores son las principales bases económicas, materiales y objetivas para que la tecnología sea una fuerza productiva del capital y, por tanto, tenga carácter de clase, sea no-neutral; y eso con total independencia de la voluntad o diseño de los actores, no es un resultado político ni ideológico, es una tendencia necesaria que puede sumarse al diseño voluntario y consciente por crear tecnologías dirigidas a beneficiar un determinado sector social. En el contexto de la estructura de clases capitalista, la tecnología representa un instrumento de castigo a las clases trabajadoras, campesinos y artesanos, y a todo un abanico de pequeños y medianos capitalistas que quedan atrás a la misma velocidad que avanzan las innovaciones tecnológicas.

El artículo trató acerca de las tendencias y fuerzas materiales y objetivas, lo cual no significa que la acción consciente y política de los agentes sociales no asuman diferentes papeles; pero, sin entender el movimiento objetivo, que es independiente de la voluntad, difícilmente se puedan canalizar acciones para modificar un curso espontáneo. Debe enfatizarse que las acciones productivas subjetivas alimentan involuntariamente tendencias objetivas, en una acción dialéctica que Marx denominó de *doble carácter del trabajo*.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de CONACYT-México mediante el Proyecto Ciencia de Frontera 2019 No. 304320.

CONFLICTOS DE INTERÉS

El autor declara que no presenta conflictos de interés financiero, profesional o personal que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

REFERENCIAS

- Alcalá, P. (2020, 27 de noviembre). Mexico To Build Precision Agriculture Infrastructure. *Mexico Business News*. <https://mexicobusiness.news/infrastructure/news/mexico-build-precision-agriculture-infrastructure>
- Ali, R. (2009). Technological Neutrality. *Lex Electronica*, v. 14, n. 2. https://www.lex-electronica.org/files/sites/103/14-2_alii.pdf
- Bellon Maurel, V., Huyghe, C. (2017). Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology. *OCL*, v. 24, n. 3, D307. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017028>
- Bernardi, A. C. C., Bettiol, G. M., Grego, C. R., Andrade, R. G., Rabello, L. M., Inamasu, R. Y. (2015). Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 32, n. 1/2, 205-221. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/23314/13165>
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., Pinch, T. F. (eds.). (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. The MIT Press. <https://bibliodara.files.wordpress.com/2015/09/bijker-w-the-social-construction-of-technological-systems.pdf>
- Borghi, E., Avanzi, J. C., Bortolon, L., Luchiarini Junior, A., Bortolon, E. S. O. (2016). Adoption and Use of Precision Agriculture in Brazil: Perception of Growers and Service Dealership. *Journal of Agricultural Science*, v. 8, n. 11, 89-104. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n11p89>
- Chandler, D. (1995). *Technological or Media Determinism*. <http://visual-memory.co.uk/daniel/Documents/tecdet/?LMCL=Yv4Y7S>

- Craig, C. J. (2013). Technological Neutrality: (Pre)Serving the Purposes of Copyright Law. *Articles & Book Chapters*, n. 1599. http://digitalcommons.osgoode.yorku.ca/scholarly_works/1599
- Ellul, J. (1980). *The Technological System*. The Continuum Publishing Corporation. http://www.newhumanityinstitute.org/pdf-articles/Jacques_Ellul-Technological-System.pdf
- Evans, D. (s.f.). *Precision Farming with Big Data Analytics*. Intel. <https://www.intel.co.uk/content/www/uk/en/analytics/amazing-stories/big-data-helps-farmers.html>
- Feenberg, A. (2002). *Transforming Technology: A Critical Theory Revisited* (2da ed.). Oxford University Press. https://monoskop.org/images/d/d8/Feenberg_Andrew_Transforming_Technology_A_Critical_Theory_Revisited.pdf
- Feenberg, A. (2005). Critical Theory of Technology: An Overview. *Tailoring Biotechnologies*, v. 1, n. 1, 47-64. <https://www.sfu.ca/~andrewf/books/critbio.pdf>
- Gamaya. (s.f.). *Our technology*. <https://www.gamaya.com/technology>
- Ginsborg, H. (2019). Kant's Aesthetics and Teleology. En E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab. <https://plato.stanford.edu/archives/win2019/entries/kant-aesthetics/>
- Greenberg, B. A. (2016). Rethinking Technology Neutrality. *Minnesota Law Review*, v. 100, 1495. https://www.minnesotalawreview.org/wp-content/uploads/2016/04/Greenberg_ONLINEPDF.pdf
- Griffin, T. W., Lowenberg-De Boer, J. (2005). Worldwide adoption and profitability of precision agriculture. Implications for Brazil. *Revista de Política Agrícola*, v. 14, n. 4, 20-37. <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/549/498>
- International Society for Precision Agriculture. (s.f.). *Precision Ag Definition*. <https://www.ispag.org/about/definition>
- Leroi-Gourhan, A. (1971). *El gesto y la palabra*. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela. https://monoskop.org/images/9/90/Leroi-Gourhan_Andre_El_gesto_y_la_palabra.pdf
- Lindsay Irrigation. (2020, 10 de septiembre). *Zimatic Precision VRI: Make Every Drop Count* [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qxVW2BONGwEY>

- MacKenzie, D., Wajcman, J. (eds.). (1999). *The Social Shaping of Technology* (2da ed.). Open University Press.
- Mark, T. B., Griffin, T. W., Whitacre, B. E. (2016). The Role of Wireless Broadband Connectivity on 'Big Data' and the Agricultural Industry in the United States and Australia. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 19, n. A, 43-55. <https://www.ifama.org/resources/Documents/v19ia/220150113.pdf>
- MarketsandMarkets. (2014). *Yield Monitor Market for Devices and Services by Technology (GPS/GNSS, GIS, Remote Sensing), Components (Sensors, GPS/GNSS, Display, Guidance & Steering, and Software & Services), Application (VRA, Field Mapping, Soil Monitoring, and Scouting), and Geography -Global Forecasts to 2020*. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/yield-monitoring-market-128494885.html>
- Martínez Cortiña, R. (dir.). (1980). *Economía Planeta. Diccionario Enciclopédico – Tomo 7*. Planeta.
- Marx, K. (2009). *El Capital. El proceso de producción de capital* (tomo I., vol. 2). Siglo XXI Editores. <https://proletarios.org/books/El-Capital-Vol-2-Libro-I-Karl-Marx.pdf>
- Mejía Rendón, J. S. (2018). El otro lado de la técnica: diferencias y similitudes entre técnica animal y técnica humana. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, v. 10, n. 18, 63-77. <https://doi.org/10.22430/21457778.650>
- Molin, J. P. (2014). *Agricultura de precisión no Brasil: estado atual, avanços e principais aplicações*. https://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2020/01/cgr-2014_23.pdf
- Noble, D. F. (1999). Social Choice in Machine Design: The Case of Automatically Controlled Machine Tools. En D. MacKenzie, J. Wajcman (eds.), *The Social Shaping of Technology* (2da ed., pp. 161-176). Open University Press.
- Pasquinelli, M. (2019). The origins of Marx's general intellect. *Radical Philosophy*, v. 2, n. 6, 43-56. <https://www.radicalphilosophy.com/article/on-the-origins-of-marxs-general-intellect>
- Platón. (s.f.). *Platón: el mito de Theuth*. <https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Recurso:Plat%C3%B3n: el mito de Theuth>
- Postman, N. (1993). *Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*. Vintage. <https://interesi.files.wordpress.com/2017/10/technopoly.pdf>
- Quintanilla, M. Á. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología* (2da ed.). Fondo de Cultura Económica.

- Resolution 59/220. (2004, 22 de diciembre). Resolution adopted by the General Assembly on 22 December 2004. United Nations. [https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/UN/Documents/GA Resolutions ICTs/ares59d220_en.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/UN/Documents/GA_Resolutions ICTs/ares59d220_en.pdf)
- Sánchez Vázquez, A. (1983). La ideología de la "neutralidad ideológica" en ciencias sociales. En *Ensayos marxistas sobre filosofía e ideología* (pp. 139-164). Océano.
- Santos, M., Glass, V. (orgs.). (2018). *Atlas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos*. Fundação Heinrich Böll. <https://br.boell.org/pt-br/atlas-do-agronegocio>
- Shearer, S. A., Fulton, J. P., McNeill, S. G., Higgins, S. F. (1999). *Elements of Precision Agriculture: Basics of Yield Monitor Installation and Operation*. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/pa/pa1/pa1.pdf>
- Sykuta, M. E. (2016). Big Data in Agriculture: Property Rights, Privacy and Competition in Ag Data Services. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 19, n. A, 57-73. <https://www.ifama.org/resources/documents/v19ia/320150137.pdf>
- Thompson, M. (2011). The Neutralization of Harmony: The Problem of Technological Neutrality, East and West. *Boston University Journal of Science & Technology Law*, v. 18, n. 2.
- Thompson, W. (1824). *An Inquiry Into the Principles of the Distribution of Wealth Most Conducive to Human Happiness: Applied to the Newly Proposed System of Voluntary Equality of Wealth*. Longman.
- Werskey, G. (2007). The Marxist Critique of Capitalist Science: A History in Three Movements? *Science as Culture*, v. 16, n. 4, 397-461. <https://doi.org/10.1080/09505430701706749>
- Winner, L. (1999). Do artifacts have politics? En D. MacKenzie, J. Wajcman (eds.), *The Social Shaping of Technology* (2da. ed., pp. 28-40). Open University Press.
- Wolf, S. A., Buttel, F. H. (1996). The Political Economy of Precision Farming. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 78, n. 5, 1269-1274. <https://doi.org/10.2307/1243505>
- Woolgar, S. (1991). The Turn to Technology in Social Studies of Science. *Science, Technology, & Human Values*, v. 16, n. 1, 20-50. <https://doi.org/10.1177/016224399101600102>